

# MASTER'S THESIS

## De pragmatische kwaliteit van procesmodellen gebaseerd op het BPMIMA-framework

de Beauvesier Watson, F. (Floyd)

**Award date:**  
2020

[Link to publication](#)

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 05. May. 2023

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



# De pragmatische kwaliteit van procesmodellen gebaseerd op het BPMIMA-framework

Opleiding:	Open Universiteit, faculteit Management, Science & Technology Masteropleiding Business Process Management & IT
Programma:	Open University of the Netherlands, faculty of Management, Science & Technology Master Business Process Management & IT
Cursus:	IM0602 Voorbereiden Afstuderen BPMIT <b>IM9806 Afstudeertraject Business Process Management and IT</b>
Student:	Floyd de Beauvesier Watson
Identiteitsnummer:	
Datum:	12-08-2020
Afstudeerbegeleider:	dr.ir. I. Vanderfeesten
Meelezer:	dr.ir. Guy Janssens
Versie nummer:	1.0
Status:	Definitief

## Samenvatting

Met een groeiende complexiteit van processen en systemen in organisaties wordt het kwalitatief modelleren van bedrijfsprocessen steeds maar weer een belangrijker onderwerp. Het ontwerpen van kwalitatief goede procesmodellen wordt hierdoor echter een steeds grotere uitdaging. Er zijn dan ook meerdere perspectieven waarop kwaliteit binnen procesmodelleren kan worden beoordeeld.

Een van de kwaliteitsdomeinen binnen procesmodelleren is pragmatische kwaliteit. Pragmatische kwaliteit definieert de bruikbaarheid van een procesmodel en de mate van begrijpelijkheid van het model voor eindgebruikers. Maar hoe wordt bepaald of een procesmodel voldoet aan de kwaliteitsnormen van pragmatische kwaliteit? Het inzichtelijk maken van pragmatische kwaliteit is één van de domeinen waar veel onderzoek naar is gedaan. Dit heeft geleid tot meerdere structurele metrieken, zoals 'Size' en 'Number of Gateways'. Door onderzoek te doen naar het gebruik van deze metrieken zijn frameworks opgesteld, waardoor procesmodellen kunnen worden beoordeeld. Het beoordelen van de procesmodellen gebeurt aan de hand van deze metrieken, door het toepassen van drempelwaardes en classificaties. Hierbij wordt een spreekwoordelijk alarm afgegeven, op het moment dat de (pragmatische) kwaliteit van een procesmodel te laag is. Eén van de frameworks is het BPMIMA-framework. Dit framework focust zich op het meten van begrijpelijkheid en het verbeteren en herontwerpen van procesmodellen.

Er is echter een gebrek aan empirische validatie in pragmatische kwaliteit en het meetbaar maken hiervan via drempelwaardes en classificaties. Dit onderzoek heeft de focus gelegd op het meten van procesmodellen uit de praktijk en het valideren van de classificaties van pragmatische kwaliteit in het BPMIMA-framework, om zo de nodige empirische validatie toe te voegen. Aan de hand van 20 verzamelde metrieken van pragmatische kwaliteit, zijn 40 modellen uit de praktijk gemeten met behulp van het framework en de bijbehorende drempelwaardes. Het framework meet (praktijk)modellen en metrieken in classificaties van 'zeer makkelijk te begrijpen' tot 'zeer moeilijk te begrijpen', met drie tussenliggende classificaties.

Uit het onderzoek is gebleken dat de gemiddeldes van de praktijkmodellen vooral in twee classificaties scoren, 'makkelijk- tot gemiddeld te begrijpen'. Een aantal metrieken hebben meer variatie aangetoond, zoals 14. *Sequentiality* en 20. *Gateway Heterogeneity*. De metrieken 17. *Token Splits* en 19. *Gateway Mismatch* tonen überhaupt geen verschillen in de classificatiescores en scoren allen de classificatie van 'makkelijk te begrijpen'. Wat verder opvalt is dat alle modellen voor metriek 4. *Density* niet lager scoren dan de categorie 'moeilijk te begrijpen'. Door vervolgens een gemiddelde van de procesmodellen te berekenen, is gebleken dat géén van de modellen een score van 'moeilijk-' of 'zeer moeilijk te begrijpen' heeft.

Om de theoretische metingen en classificaties van de praktijkmodellen empirisch te valideren, zijn een aantal modellen geselecteerd om te toetsen met professionals. Hierbij is onderzocht in welke mate zij het eens zijn met de theoretische classificatiescore. Hieruit is gebleken dat de classificaties uit de theorie overeenkomen met de praktijk. Zo is er gevraagd een aantal geselecteerde procesmodellen op volgorde te leggen van 'makkelijk' naar 'moeilijk te begrijpen'. Hieruit is gebleken dat alle deelnemers vrijwel dezelfde keuzes qua begrijpelijkheidsscore hanteren als de onderlinge classificaties in de theorie. Tevens is er gekeken of er relaties kunnen worden gevonden in de individuele metrieken en de motivaties in de beoordeling van metrieken door de professionals. Ook

hier is gebleken dat individuele metrieken, zoals 2. *Size* en 14. *Sequentiality*, overeenkomsten tonen met de theoretische scores.

De classificaties worden in de praktijk gevalideerd door de professionals en weerspiegelen de theoretische scores uit fase 1. Hiermee worden de classificaties in relatie tot de pragmatische kwaliteit als valide beschouwd.

Dit onderzoek is opgebouwd uit een theoretisch kader, waarin onderzoek is gedaan naar de metrieken die onderdeel zijn van pragmatische kwaliteit en de bijbehorende classificaties, drempelwaardes van een framework. Vervolgens is een methodologisch ontwerp opgesteld waarin het onderzoeksontwerp wordt toegelicht. Daarna volgen de resultaten die voort zijn gekomen uit het onderzoek en wordt afgesloten met de conclusie, reflectie, aanbevelingen voor de praktijk en verder onderzoek.

## **Kernwoorden**

Procesmodelleren, BPMN, Pragmatische kwaliteit, Begrijpelijkheid, Metrieken, Meten

## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	ii
Inhoudsopgave.....	iv
1.   Introductie .....	1
1.1.   Achtergrond .....	1
1.2.   Gebiedsverkenning .....	2
1.3.   Probleemstelling .....	2
1.4.   Opdrachtformulering .....	2
1.5.   Motivatie / relevantie .....	3
1.6.   Aanpak in hoofdlijnen .....	3
2.   Theoretisch kader .....	4
2.1.   Onderzoeksaanpak.....	4
2.2.   Resultaten en conclusies.....	9
2.3.   Doel van het vervolgonderzoek .....	13
3.   Methodologie.....	14
3.1.   Conceptueel ontwerp .....	14
3.2.   Technisch ontwerp.....	14
3.3.   Reflectie t.a.v. validiteit, betrouwbaarheid en ethische aspecten .....	18
4.   Resultaten .....	20
4.1.   Fase 1 .....	20
4.2.   Fase 2 .....	25
5.   Conclusie .....	29
5.1.   Conclusies .....	29
5.2.   Discussie - reflectie .....	30
5.3.   Aanbevelingen voor de praktijk .....	30
5.4.   Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	31
Referenties.....	32
Bijlage 1.....	35
Bijlage 2.....	38
Bijlage 3.....	41
Bijlage 4.....	43
Bijlage 5.....	46
Bijlage 6.....	47
Bijlage 7.....	50

Bijlage 8.....51

Bijlage 9.....52

Bijlage 10.....57

Bijlage 11.....68

Bijlage 12.....70

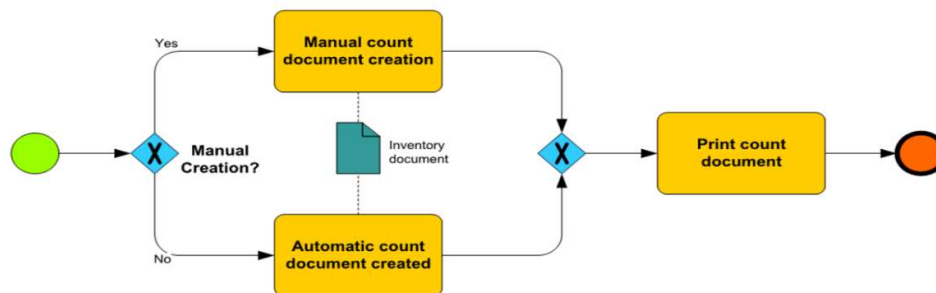
# 1. Introductie

## 1.1. Achtergrond

Het vermogen van een organisatie om zich aan te passen aan de dynamische omgeving waarin het actief is, is tegenwoordig een van de belangrijkste kenmerken van succes (Heidari & Loucopoulos, 2014). De focus op een procesgeoriënteerde structuur binnen organisaties helpt om sneller te reageren op de behoefte aan verandering (Lindsay, Downs, & Lunn, 2003).

Bedrijfsprocesmodellering speelt een sleutelrol bij het opzetten van een procesgerichte omgeving, cultuur en technologie (Luo & Tung, 1999).

Procesmodelleren is het modelleren van bedrijfsprocessen en is een essentieel onderdeel voor het begrijpen en herontwerpen van activiteiten en processen om bedrijfsdoelstellingen te behalen (Moreno-Montes De Oca, Snoeck, Reijers, & Rodríguez-Morffi, 2015).



Figuur 1: Voorbeeld van een procesmodel

In figuur 1 wordt een voorbeeld van een procesmodel getoond. In de betreffende figuur worden een aantal elementen uit een procesmodel getoond, zoals *Events* (groen en rood), om de start en het eind aan te geven van een proces. Tevens worden er *Activities* (geel) getoond, om een activiteit in een proces te tonen. Daarnaast zijn er *Gateways* (blauw) getoond, voor het splitsen of samenvoegen van processtromen. Het ontwerpen van procesmodellen van hoge kwaliteit is een belangrijke voorwaarde voor het benutten van de voordelen van procesverbeteringen en is cruciaal voor het ontwerpen van informatiesystemen (Moreno-Montes De Oca, Snoeck, Reijers, & Rodríguez-Morffi, 2015). De kwaliteit van bedrijfsprocesmodellen kan op verschillende manieren worden gedefinieerd. Afhankelijk van het doel van het model kan de ene kwaliteitsdimensie van groter belang zijn dan de andere. In de huidige literatuur zijn er hoofdzakelijk drie soorten kwaliteit in procesmodellen (Dumas et al., 2013):

- Syntactische kwaliteit: bepaalt of het model voldoet aan de overeengekomen modelleringstaal;
- Semantische kwaliteit: definieert de kwaliteit van het model in vergelijking met de praktijkuitvoering;
- Pragmatische kwaliteit: definieert de bruikbaarheid van het procesmodel voor de gebruikers.

Dit onderzoek richt zich op het evalueren van de pragmatische kwaliteit van procesmodellen (specifiek uit de praktijk), gebaseerd op het BPMIMA-framework ('Model Improvement Measurement Activities') (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011). Het doel van dit framework is om kwaliteitsmetingen toe te passen op procesmodellen, om feedback te verkrijgen en betere procesmodellen te ontwerpen met een lagere complexiteit en hogere (pragmatische) kwaliteit (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011).

## 1.2. Gebiedsverkenning

Pragmatische kwaliteit van een procesmodel heeft betrekking op de begrijpelijkheid van een procesmodel en is een pijler of een grafisch model kan worden begrepen door de lezer (Reijers & Mendling). Om het potentieel van procesmodellen succesvol te benutten, moeten procesmodellen begrijpelijk zijn voor hun publiek. (Dikici, Turetken, & Demirors, 2018).

Zo wordt toenemende complexiteit in procesmodellen beschouwd als een belemmering voor het begrijpen van procesmodellen en vergroot het de kansen op fouten en gebreken in de modellen, en daarmee de kwaliteit van het model (Dikici, Turetken, & Demirors, 2018). De afgelopen decennia is er veel onderzoek gedaan naar de kwaliteit van procesmodellen en de factoren die de kwaliteit van procesmodellen beïnvloeden (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017). Er is een breed scala aan structurele metrieken voor procesmodellen om de pragmatische kwaliteit te meten, zoals *Size* en *Density* (Sánchez-González, García, Mendling, & Ruiz, 2010). Het voordeel van deze metrieken is dat ze objectief kunnen worden gemeten door rekening te houden met de structuur van een procesmodel (Sánchez-González, García, Mendling, & Ruiz, 2010). De metrieken zijn alleen nuttig als we ook criteria hebben om de waarde van de betreffende metrieken vast te stellen en te beoordelen (Sánchez-González, García, & Ruiz, 2011).

Hierdoor is ook onderzoek gedaan naar de evaluatie van deze metrieken. De evaluatie van metrieken van procesmodellen heeft geresulteerd in het bepalen van kritische waardes, die aangeven wanneer de kwaliteit van een model daalt. Deze essentiële waardes worden 'drempelwaardes' genoemd en dienen als alarm om kwalitatief slechtere modellen te kunnen vaststellen en deze in potentie te kunnen verbeteren (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017). Echter, er is beperkte empirische validatie bij het meten van de drempelwaardes (Sánchez-González, García, & Ruiz, 2011).

## 1.3. Probleemstelling

Uit onderzoek van de Meyer & Claes (2018) blijkt dat in studies naar factoren die de begrijpelijkheid van procesmodellen beïnvloeden, bijna 90% met studenten en fictieve modellen wordt gedaan. Daarnaast wordt er in het onderzoek van Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling (2012) aangegeven dat er meer experimentele data en onderzoek uit de praktijk nodig is om drempelwaardes te valideren, om zodoende de huidige data te versterken. Tevens zijn de experimenten gedaan door studenten en niet met professionals, wat een belemmering zou kunnen vormen voor de externe validiteit. **Er is dus onvoldoende empirische validatie als het gaat om inzicht in pragmatische kwaliteit van procesmodellen en de bijbehorende classificaties.**

## 1.4. Opdrachtformulering

Het doel van het onderzoek is het meten van de pragmatische kwaliteit van procesmodellen uit de praktijk via het BPMIMA-framework. Vervolgens wordt op basis van deze scores onderzoek gedaan naar de validiteit van de classificaties uit het framework. De hoofdvraag luidt daarom:

- In welke mate valideren procesmodellen uit de praktijk de classificaties van pragmatische kwaliteit in het BPMIMA-framework?

Om de hoofdvraag te beantwoorden wordt een onderzoek uitgevoerd naar de volgende subvragen:

- R1. Wat wordt bedoeld met pragmatische kwaliteit als het gaat om procesmodellen en hoe wordt het gemeten?



- R2. Welke classificatieframeworks zijn gericht op het meten van pragmatische kwaliteit en is het BPMIMA-framework het meest relevante framework?
- R3. Wat is de pragmatische kwaliteit van procesmodellen uit de praktijk in termen van scores op het BPMIMA-framework?
- R4. Hoe classificeren professionals de pragmatische kwaliteit van deze procesmodellen?
- R5. Welke conclusies kunnen worden getrokken in relatie tot de validiteit van de classificaties uit het BPMIMA-framework?

## 1.5. Motivatie / relevantie

### *Theoretische relevantie*

Het meten van procesmodellen gebaseerd op classificaties kent nog weinig empirische validatie (Sánchez-González, García, Mendling, & Ruiz, 2010). Doordat er veel met studenten en fictieve modellen wordt gewerkt om te valideren (de Meyer & Claes, 2018), zal empirisch onderzoek met praktijkmodellen en personen in de arbeidssector bijdragen om de kwaliteit van het BPMIMA-framework en bijbehorende classificaties te valideren.

### *Maatschappelijke relevantie*

Het toepassen van classificaties voor het meten van procesmodellen kan worden gebruikt als hulpmiddel voor beginnende modelleurs. Het resultaat van de meting geeft een indicatie hoe men een proces kan (her)ontwerpen, rekening houdend met bijvoorbeeld het aantal *Gateways* (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling). Door de classificaties te valideren met meer (praktijk)data, wordt bijgedragen aan het versterken of verbeteren van de classificaties en daarmee verbeterde of betere procesmodellen te definiëren.

## 1.6. Aanpak in hoofdlijnen

Een literatuuronderzoek zal worden uitgevoerd dat leidt tot een voorlopig raamwerk van mogelijke verklaringen, factoren en verbanden met betrekking tot de onderzoeksvragen R1 en R2. De theoretische verwachtingen zijn richtinggevend voor het verzamelen en analyseren van gegevens. Middels een empirisch onderzoek wordt initieel inzicht verkregen in hoe procesmodellen uit de praktijk in het BPMIMA-framework scoren (R3). Vervolgens wordt er middels een selectie van de procesmodellen uit de praktijk een evaluatie gedaan met professionals (R4). Hieruit worden conclusies opgesteld die leiden tot de beantwoording van de hoofdvraag (R5).

De aanpak en de resultaten van het literatuuronderzoek worden in hoofdstuk 2 beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de methode van het uitgevoerde empirische onderzoek. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van dit onderzoek beschreven. Tot slot beschrijft hoofdstuk 5 de conclusies van het onderzoek.

## 2. Theoretisch kader

Dit hoofdstuk beschrijft het theoretisch kader. Initieel wordt de aanpak van het literatuuronderzoek toegelicht. Vervolgens wordt de uitvoering van het onderzoek uitgelicht, waarna de resultaten en de conclusies worden getoond.

### 2.1. Onderzoeksaanpak

*Stap 1. Definieren literatuuronderzoek:* Allereerst zijn de subvragen geselecteerd waar het literatuuronderzoek zich op focust. Hierbij zijn subvragen R1 en R2 geselecteerd, uit de opdrachtformulering.

- R1. Wat wordt bedoeld met pragmatische kwaliteit als het gaat om procesmodellen en hoe wordt het gemeten?
- R2. Welke classificatieframeworks zijn gericht op het meten van pragmatische kwaliteit en is het BPMIMA-framework het meest relevante framework?

*Stap 2. Strategie literatuuronderzoek bepalen:* Om de bestaande wetenschappelijke literatuur kritisch te beoordelen, is gebruik gemaakt van een systematische review. Deze strategie bestaat uit zoeken naar bestaande literatuur, het evalueren van de bijdrage, het analyseren en samenvoegen van de resultaten en het rapporteren van de bevindingen voor het opzetten van een raamwerk (Saunders, 2016).

*Stap 3. Strategie zoeken bepalen, zoekqueries opstellen:* Daarna is de strategie bepaald om literatuur te verzamelen. Hierbij is gekozen voor de bouwblokmethode. Hierbij worden per onderzoeksvraag relevante zoektermen (inclusief vertalingen/synoniemen) en zoekconnectoren vastgesteld (Westerkamp, 2008). Met behulp van opgestelde zoektermen uit de subvragen zijn de zoektermen gedefinieerd, zodat er naast de bestaande termen is gezocht naar alternatieve termen en synoniemen in combinatie met de 'AND' en de 'OR' operators.

*Stap 4. Keuze zoekmachine en criteria bepalen:* Primair is gekozen voor de bibliotheek van de Open Universiteit, omdat deze bibliotheek gebruik maakt van verschillende databases. Daarnaast wordt geprobeerd om het uitsluiten van mogelijk relevante literatuur te voorkomen, middels een secundaire zoekopdracht via Google Scholar.

Zoekmachine	Waarde:
Open Universiteit	Primair
Google Scholar	Primair / Naslag

Tabel 1: Zoekmachines

Bij het zoeken naar relevante wetenschappelijke literatuur is rekening gehouden met de criteria uit tabel 2.

Criteria	Filter	Toelichting
Beperkt tot	Peer-reviewed	Kritisch beoordeeld van en door collega's uit de eigen beroepsgroep.
Publicatiedatum	Geen	In de zoekcriteria is geen rekening gehouden met de publicatiedatum. Bij de selectie wordt echter wel gekeken naar de meest recente literatuur.
Content type	1. Conferentieverslag 2. Academische tijdschrift	Conferentieverslagen zijn (peer-reviewed) geselecteerde rapporten op een conferentie. Deze verslagen hebben een zeer hoge bruikbaarheid bij een gelijk onderwerp (Saunders, 2016).

Criteria	Filter	Toelichting
		(Peer-reviewed) Onderzoeksrapporten vanuit academische tijdschriften zijn geschreven door experts en vervolgens gecontroleerd door andere experts op kwaliteit en geschiktheid (Saunders, 2016).
Taal	Engels	Andere talen dan Engels leveren een taalbarrière op en kunnen een gevaar vormen voor de interpretatie en daarmee de betrouwbaarheid van het literatuuronderzoek.
Toegankelijk	Artikel volledig (online of offline) beschikbaar	Het artikel moet in zijn volledigheid beoordeeld kunnen worden.
Aantal publicaties	Minimum van tien publicaties per subvraag	Om een betrouwbaar en valide beeld te kunnen geven van relevante literatuur wordt een minimum van 10 publicaties per subvraag aangehouden.
Opbouw	- Titel - Volledige content	Initieel wordt gezocht in de titel om zo gericht mogelijk te kunnen zoeken naar relevante literatuur. Vervolgens worden de zoekopdrachten uitgebreid naar volledig content van literatuur.

Tabel 2: Criteria bij zoeken naar literatuur

#### Stap 5. Uitvoering zoekopdracht:

De zoekopdracht voor R1 en R2 is uitgevoerd op basis van zoekqueries. De zoekqueries worden besproken in paragraaf 2.1.1. Bij het zoeken zijn de literatuurcriteria in tabel 2 gehanteerd.

#### Stap 6. Relevantiecheck, waardecheck; Lezen resultaten titel, abstract, samenvatting, keywords en volledige content:

Bij de relevantiecheck zijn de volgende inclusiecriteria gehanteerd:

- Publicatie moet tenminste de focus hebben op pragmatische kwaliteit van procesmodellen (R1);
- Publicatie dient in ieder geval een focus te hebben op de taal BPMN (R2);
- Publicatie focust zich op het meten van de pragmatische kwaliteit van procesmodellen in relatie tot procesmodelfactoren (R2).

Bij de relevantiecheck zijn de volgende exclusiecriteria gehanteerd:

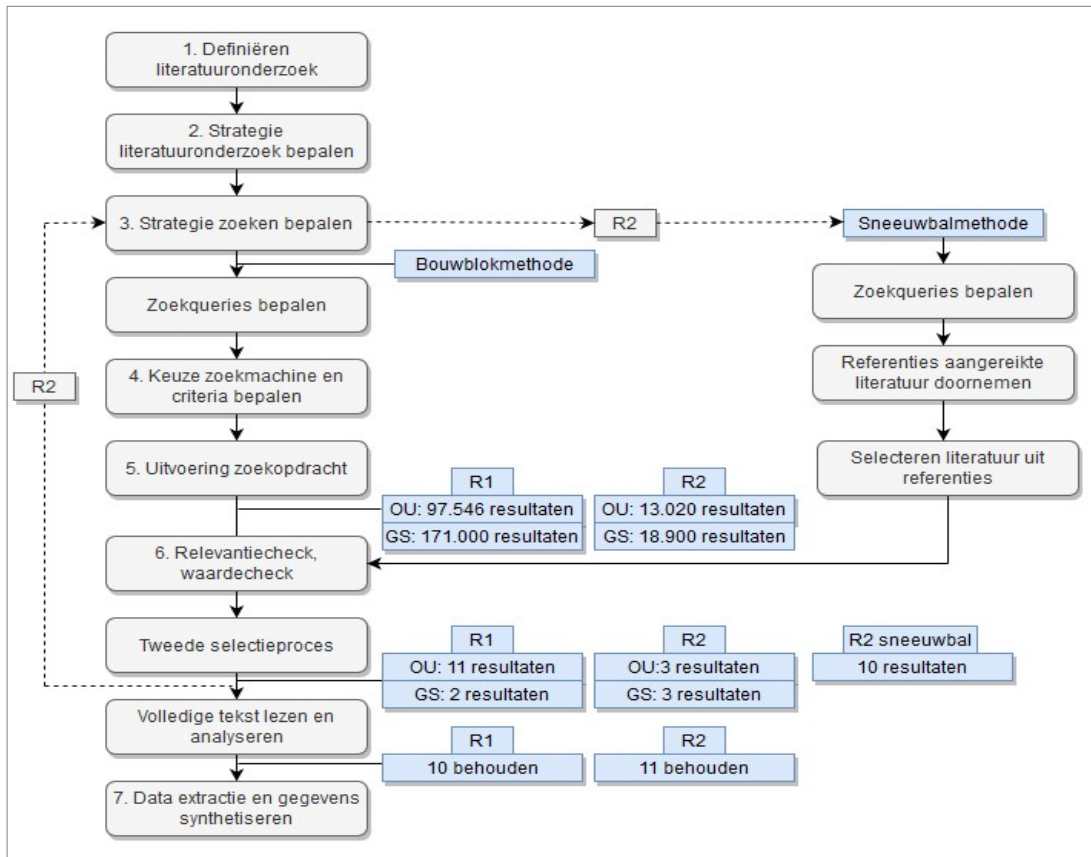
- Publicatie heeft de focus op het meten van kwaliteitskenmerken voor modellen met als doel procesautomatisering (R1 en R2).

Om kwaliteit te waarborgen, wordt gebruik gemaakt van een Impactfactor. Om de IF te bepalen, is gebruik gemaakt van de aangereikte literatuur. Via het InCites Journal Citation Reports is de IF ranking opgezocht, door het bijbehorende academisch tijdschrift van het artikel in te voeren in de zoekmachine. Zie hiervoor ook tabel 2-3 uit bijlage 2. De IF van de aangereikte literatuur is >2. Hierdoor is vastgesteld dat de IF ranking van tenminste 1.0 of hoger voldoende is voor het waarborgen van de kwaliteit.

**Stap 7. Data-extractie en gegevens synthetiseren:** In de laatste stap is op basis van de geselecteerde literatuur, de benodigde data geëxtraheerd en gesynthetiseerd, om het literatuuronderzoek te kunnen voltooien.

### 2.1.1. Uitvoering onderzoek

In deze paragraaf wordt de uitvoering van de onderzoeksaanpak beschreven. Er wordt getoond hoeveel publicaties er zijn gevonden, hoeveel daarvan zijn bekeken, welke daarvan relevant waren en welke uiteindelijk zijn gebruikt in het onderzoek. In figuur 2 is het resultaat visueel toegelicht.



Figuur 2: Opzet literatuuronderzoek

### Zoekopdracht R1

Query= (Pragmatic quality business process model\*) OR (Pragmatic Quality Conceptual model) OR (Pragmatic Quality Process scheme) OR (Pragmatic Quality Process flow diagram)

Allereerst is de zoekopdracht uitgevoerd in de bibliotheek van de Open Universiteit. Hierbij is gezocht middels de zoekquery, gecombineerd met de criteria uit tabel 2. Voor deze onderzoeksvraag betekent dit dat er met de concepten 'pragmatic quality' en 'business process model' in de titel is gezocht, omdat het doel van de deelvraag is om pragmatische kwaliteit in procesmodellen te definiëren. In bijlage 1, tabel 1-1 worden de opgestelde synoniemen getoond. Dit leverde geen resultaten op. Dezelfde zoekopdracht is tevens zonder resultaten uitgevoerd in de zoekmachine van Google Scholar. Zodoende is de zoekopdracht nogmaals gedaan in de volledige content. In tabel 3 worden de resultaten getoond van deze zoekopdracht.

### Zoekopdracht R2

Query = (Classification framework measure Pragmatic quality process model\*) OR (Classification framework measure Pragmatic quality conceptual model) OR (Classification framework measure Pragmatic quality process scheme) OR (Classification framework measure Pragmatic quality process diagram)

Voor onderzoeksvraag R2 is dezelfde methode gehanteerd. Hierbij is gezocht middels de zoekquery, gecombineerd met de criteria uit tabel 2. Voor deze onderzoeksvraag betekent dit dat er met de concepten 'classification framework', 'measure', 'pragmatic quality' en 'process model' is gezocht,

omdat het doel van de deelvraag is om classificatieframeworks voor procesmodellen te vinden gericht op het meten van pragmatische kwaliteit. In bijlage 2, tabel 2-1 worden de opgestelde synoniemen getoond. De resultaten van de zoekopdracht worden getoond in tabel 4.

### Relevantiecheck R1

Vanwege de vele resultaten voor onderzoeksvraag R1 is besloten de relevantieordening van de betreffende zoekmachines te gebruiken. Na het bestuderen van de titel, abstract en de bijbehorende keywords van de resultaten kwamen er na de eerste 100 publicaties dermate weinig relevante publicaties naar voren, dat het verantwoord werd geacht om te stoppen met het lezen van overige zoekresultaten. Ditzelfde proces is gehanteerd voor de Google Scholar. Na het bestuderen van de eerste 50 resultaten van de zoekmachine van Google Scholar, kwamen er dermate weinig relevante publicaties naar voren, dat het verantwoord werd geacht om te stoppen met het lezen van overige zoekresultaten. De mogelijk relevante resultaten zijn vervolgens opgeslagen. In bijlage 2, tabel 2-1, is een uitgebreidere tabel te vinden van de resultaten. Hierin is mogelijk relevante literatuur opgenomen die naar voren is gekomen via de screening. Op basis van deze resultaten heeft een tweede selectieproces plaatsgevonden. In deze procedure is gekozen voor een uitgebreidere analyse van de mogelijk relevante literatuur, door het lezen van de kern van de literatuurstukken, zoals de samenvatting en de conclusie. Deze resultaten werden als relevant geacht voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag (groen gearceerd in tabel 1-2 uit bijlage 1). De relevante literatuur is in zijn volledigheid nogmaals gelezen, wat ertoe heeft geleid dat een drietal resultaten alsnog is uitgesloten. Redenen hiervoor worden eveneens getoond in tabel 1-2 uit bijlage 1.

Zoekmachine	Gevonden	Relevant	Behouden	Uitsluiten
Open Universiteit	97.546	11	10	1
Google Scholar	17.100	2	0	2

Tabel 3: Query zoekopdracht R1 en resultaten

### Relevantiecheck R2

Hetzelfde proces is gehanteerd voor onderzoeksvraag R2. Door de vele resultaten is de relevantieordening van de betreffende zoekmachines gebruikt. Na het bestuderen van de titel, abstract en de bijbehorende keywords van de resultaten, kwamen er na de eerste 50 publicaties dermate weinig relevante publicaties naar voren in zowel de bibliotheek van de OU en Google Scholar, dat het verantwoord werd geacht om te stoppen met het lezen van overige zoekresultaten. De mogelijke relevante resultaten zijn vervolgens opgeslagen. In bijlage 2-2 is een uitgebreidere tabel te vinden van de resultaten. Hierin is mogelijk relevante literatuur opgenomen die naar voren is gekomen via de screening. Op basis van deze resultaten heeft een tweede selectieproces plaatsgevonden (groen gearceerde resultaten in tabel 2-2 uit bijlage 2). In deze procedure is gekozen voor een uitgebreidere analyse van de mogelijk relevante literatuur, door het lezen van de kern van de literatuurstukken, zoals de samenvatting en de conclusie. Deze resultaten werden als relevant geacht voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. De relevante literatuur is in zijn volledigheid nogmaals gelezen, wat ertoe heeft geleid dat een drietal resultaten alsnog is uitgesloten. Redenen hiervoor worden eveneens getoond in tabel 2-2 uit bijlage 2.

Helaas werd hierbij geconstateerd dat er te weinig relevante literatuur is gevonden om te voldoen aan het minimale publicaties voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

Zoekmachine	Gevonden	Relevant	Behouden	Uitsluiten
Open Universiteit	13.020	3	2	1
Google Scholar	18.900	3	1	2

Tabel 4: Query zoekopdracht R2

Omdat de gevonden literatuur niet heeft voldaan aan het criterium van 'Aantal publicaties', is besloten middels de sneeuwbalmethode te zoeken naar aanvullende wetenschappelijke literatuur. Met de sneeuwbalprocedure wordt de referentielijst van een publicatie of de citaten naar een publicatie gebruikt om extra publicaties te identificeren (Wohlin, 2014). Het begin van de zoekopdracht is gestart aan de hand van de hoofd onderzoeksvraag en de bijbehorende literatuur van Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017). In tabel 2-3 uit bijlage 2 worden de resultaten weergegeven van deze zoekopdracht.

## Resultaten

De geselecteerde literatuur wordt in tabel 5 gepresenteerd voor onderzoeksvraag R1. Tabel 6 geeft een overzicht van de geselecteerde literatuur voor onderzoeksvraag R2.

NR	Auteur	Jaar
1.	Mendling, J., Reijers, H. A., & van der Aalst, W. M.	2010
2.	Moreno-Montes de Oca, I., Snoeck, M., Reijers, H. A., & Rodríguez-Morffi, A.	2015
3.	Pinggera, J., Soffer, P., Fahland, D., Weidlich, M., Zugel, S., Weber, B., Mendling, J.	2015
4.	Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A.	1994
5.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M.	2017
6.	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M.	2011
7.	Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J.	2007
8.	Dikici, A., Turetken, O., & Demirors, O.	2018
9.	Reijers, H., & Mendling, J.	2011
10.	Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. O.	2018

Tabel 5: Geselecteerde literatuur onderzoeksvraag R1

NR	Auteur	Jaar
1.	Heidari, F., & Loucopoulos, P.	2014
2.	Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J.	2007
3.	Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. O.	2018
4.	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M.	2011
5.	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Cardoso, J.	2011
6.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Mendling, J.	2012
7.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M.	2017
8.	Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F.	2010
9.	De Meyer, P., & Claes, J.	2018
10.	Mendling, J., Sánchez-González, L., García, F., & La Rosa, M.	2012
11.	Krogstie, J., Sindre, G., & Jørgensen, H.	2006

Tabel 6: Geselecteerde literatuur onderzoeksvraag R2

## 2.2. Resultaten en conclusies

In deze paragraaf staat het ontwikkelde theoretisch kader: de antwoorden op de gestelde vragen met de argumenten die, op basis van gevonden literatuur, tot deze antwoorden hebben geleid. De paragraaf eindigt met de conclusies van het theoretisch kader voor het verdere onderzoek.

### 2.2.1. Wat wordt bedoeld met pragmatische kwaliteit van procesmodellen en hoe wordt het gemeten?

Een gemeenschappelijke en belangrijke kwaliteitsdimensie is pragmatische kwaliteit van een procesmodel, dat betrekking heeft op de begrijpelijkheid, en of een grafisch model kan worden begrepen door de lezer (Reijers & Mendling). Doordat pragmatische kwaliteit van procesmodellen veelal aan begrijpelijkheid wordt gerelateerd (Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, 1994; Mendling, Reijers, & van der Aalst, 2010; Dikici, Turetken, & Demirors, 2018), is verdiepend onderzoek gedaan naar dit begrip.

In de basis wordt er onderscheid gemaakt in twee hoofdcategorieën als het gaat om factoren voor begrijpelijkheid, procesmodelfactoren en persoonlijke factoren (Dikici, Turetken, & Demirors, 2018). Het meeste onderzoek op het gebied van begrijpelijkheid legt een sterke nadruk op het product of uitkomst van het procesmodelleren via procesmodelfactoren (Pinggera, et al., 2015). Procesmodelfactoren hebben betrekking op de structuur van het procesmodel en verwijzen naar kenmerken zoals de dichtheid of de grootte van een model. Persoonlijke factoren hebben betrekking op de lezer van een dergelijk model, bijvoorbeeld met betrekking tot iemands educatieve achtergrond of de percepties die er over een procesmodel bestaan (Reijers & Mendling). Dit onderzoek richt zich voornamelijk op modelfactoren, dus de structurele kenmerken van een procesmodel in relatie tot pragmatische kwaliteit, omdat het onderzoek zich focust op het valideren van classificaties gebaseerd op procesmodelfactoren. Er is echter een gebrek aan consensus in de onderzoeksgemeenschap over de factoren die van invloed zijn op bedrijfsprocesmodellen, wat betekent dat er nog altijd geen consensus bestaat over hoe begrijpelijkheid kan worden gemeten (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017). Hierdoor is verder onderzocht hoe begrijpelijkheid kan worden gemeten.

In de systematische literatuurstudie van Dikici, Turetken, & Demirors (2018) is onderzoek gedaan naar de significantie van factoren die begrijpelijkheid beïnvloeden. Hierbij werd een significante relatie geconstateerd met structurele complexiteit. In diezelfde studie wordt structurele complexiteit onderverdeeld in modelfactoren, ook wel metrieken genoemd. Hiermee kan begrijpelijkheid, en daarmee dus pragmatische kwaliteit, meetbaar worden gemaakt. Zo worden 'Control-Flow Complexity (1)' en 'Size (2)' als metrieken met de meeste invloed genoemd. Uit de analyse van een breed scala aan metrieken in Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso (2007), is de 'Average Gateway Degree (3)' de meest overtuigende factor die betrekking heeft op de begrijpelijkheid van het model, gevolgd door de 'Density (4)' van een model. Hoewel 'Density' in Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini (2011) wordt gerelateerd aan aanpasbaarheid, wordt dit door verschillende onderzoekers onderschreven en gerelateerd aan het begrip begrijpelijkheid en structurele complexiteit (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017; Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling). De metrieken worden hierdoor geselecteerd als onderdeel van het onderzoek.

In andere onderzoeken worden echter nog meer metrieken gerelateerd aan begrijpelijkheid. De metrieken uit Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini (2011), zijn empirisch gevalideerd op hun relatie met begrijpelijkheid en zijn daarmee van invloed op de pragmatische kwaliteit van een procesmodel. Het betreft 'Total number of sequence flows (5)', 'Total number of events (6)', 'Total

number of gateways (7)', 'Number of sequence flows from events (8)', 'Number of message flows (9)', 'Number of sequence flows from gateways (10)', 'Connectivity level between participants (11)' en 'Number of data objects which are in- or outputs of activities (12 & 13)'. Een vergelijking met overige literatuur valideert bovenstaande metrieken (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017), hoewel er meer focus ligt op de factoren 1 tot en met 4 uit tabel 7 (Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, 2007; Dikici, Turetken, & Demirors, 2018). Echter, door de vergelijking van de literatuur zijn nog extra gevalideerde metrieken naar voren gekomen. Zo wordt aangenomen dat 'Sequentiality (14)', 'Token splits (15)', 'Max gateway degree (16)', 'Depth (17)', 'Connectivity coefficient (18)', 'Gateway mismatch (19)', en 'Gateway heterogeneity (20)' ook van invloed zijn op de begrijpelijkheid van een procesmodel (Dikici, Turetken, & Demirors, 2018; Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011). Een crossreferentie met de literatuur van het BPMIMA-framework van (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011; Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017), toont aan dat deze metrieken ook allen zijn opgenomen in het framework als onderdeel van begrijpelijkheid.

De gevonden metrieken zijn daarmee leidend voor het begrip begrijpelijkheid en zullen in het onderzoek dienen als een set van metrieken om de onderzoeksvraag te valideren. Tabel 7 geeft een overzicht van de factoren. De betekenis van de factoren wordt getoond in bijlage 3, tabel 3-1.

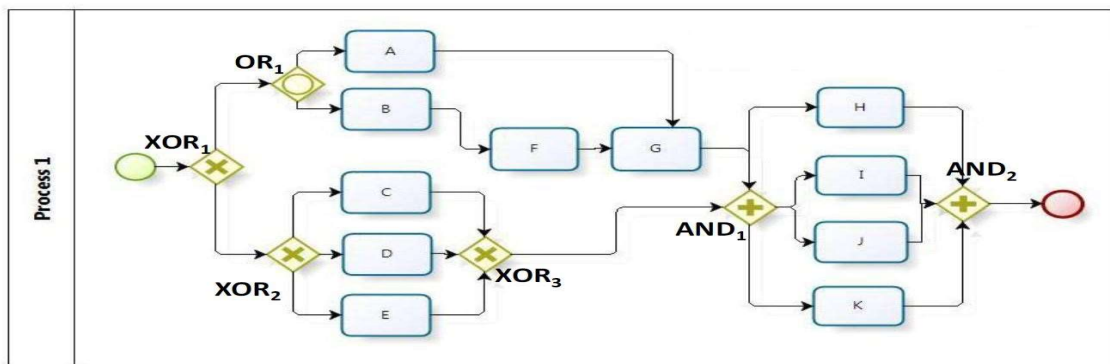
FACTOREN	FACTOREN
1. CONTROL FLOW COMPLEXITY	11. CONNECTIVITY LEVEL BETWEEN PARTICIPANTS
2. SIZE	12. NUMBER OF DATA OBJECTS WHICH ARE INPUTS OF ACTIVITIES
3. AVERAGE GATEWAY DEGREE	13. NUMBER OF DATA OBJECTS WHICH ARE INPUTS OF ACTIVITIES
4. DENSITY	14. SEQUENTIALITY
5. TOTAL NUMBER OF SEQUENCE FLOWS	15. TOKEN SPLITS
6. TOTAL NUMBER OF EVENTS	16. MAX GATEWAY DEGREE
7. TOTAL NUMBER OF GATEWAYS	17. DEPTH
8. NUMBER OF SEQUENCE FLOWS FROM EVENTS	18. CONNECTIVITY COEFFICIENT
9. NUMBER OF MESSAGE FLOWS	19. GATEWAY MISMATCH
10. NUMBER OF SEQUENCE FLOWS FROM GATEWAYS	20. GATEWAY HETEROGENEITY

*Tabel 7: De geselecteerde metrieken voor het meten van pragmatische kwaliteit*



### 2.2.2. Welke classificatieframeworks zijn er gericht op het meten van pragmatische kwaliteit en is het BPMIMA-framework het meest relevante framework?

De metrieken uit tabel 7 zijn alleen nuttig als we ook criteria hebben om de waarde van de betreffende metrieken vast te stellen en te kunnen beoordelen (Sánchez-González, García, & Ruiz, 2011). Bij een vergelijking van twee procesmodellen is het in dat geval mogelijk om te ontdekken welke van de twee het beste is in de relatieve termen van een specifieke metriek, en of de waarden acceptabel zijn of niet (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011). Het is daarom noodzakelijk om drempel- of grenswaarden te bepalen per metriek, om aan te geven wanneer de kwaliteit van het procesmodel begint te dalen (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011). Figuur 3 toont een voorbeeld van een procesmodel. Dit procesmodel wordt als voorbeeld via tabel 8 met een aantal metrieken gemeten en geclassificeerd om de begrijpelijkheid te bepalen. Hierin worden een tweetal metrieken getoond, met bijbehorende drempelwaarden en classificaties. De groene kleur toont de classificatie aan van de metriek voor het procesmodel uit figuur 3.



Figuur 3: Voorbeeld procesmodel uit Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017)

Begrijpelijkheid	Numerieke waarde	Zeer moeilijk te begrijpen	Moeilijk te begrijpen	Gemiddeld begrijpelijk	Makkelijk te begrijpen	Zeer makkelijk te begrijpen
2. Size	19	> 81.1	$\leq 81.1 < 58.1$	$\leq 58.1 < 43.7$	$\leq 43.7 < 29.9$	$\leq 29.9$
3. AGD	4	> 4.18	$\leq 4.18 < 4.06$	$\leq 4.06 < 3.88$	$\leq 3.88 < 3.83$	$\leq 3.67$

Tabel 8: Meten van metrieken uit figuur 3 met drempelwaarden en classificaties uit Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017)

Het BPMIMA-Framework is ontworpen voor het ondersteunen van meetactiviteiten om in de begin-, de ontwerp- en de analysefase feedback te verkrijgen die nodig is om kwalitatief goede procesmodellen te maken (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011). Om te bepalen of het BPMIMA-framework het meest relevant is voor het meten van pragmatische kwaliteit, zijn er meerdere frameworks geanalyseerd vanuit de literatuur. De Guidelines of Modelling (GoM) definieert een alternatief kwaliteitsframework dat is geïnspireerd door algemene boekhoudprincipes. De richtlijnen bevatten zes principes van correctheid, duidelijkheid, relevantie,

vergelijkbaarheid, economische efficiëntie en systematisch ontwerp (Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, 2007). De GoM is echter niet geschikt om modelfactoren te kunnen meten en richt zich meer op algemene kwaliteitsdimensies en daarmee ook niet op begrijpelijkheid. Tevens zijn er geen classificaties om de kwaliteit te kunnen classificeren. Daarnaast is het QEF-framework onderzocht. Dit framework richt zich echter op het modelleren en evalueren van kwaliteit van bedrijfsprocessen en niet per definitie vanuit het perspectief van procesmodellen. Hoewel het relateert aan pragmatische kwaliteit van procesmodellen staat het hiermee niet in lijn met het meten van modelfactoren en het classificeren hiervan. In het onderzoek van (Krogstie, Sindre, & Jørgensen, 2006) wordt een gerevisieerd SEQUAL framework getoond om kwaliteit van procesmodellen te meten. De focus van het vernieuwde framework ligt op het begrip kwaliteit voor een model. Het begrip wordt uitgebreid door te kijken naar het vermogen om leren en actie te vergemakkelijken, meer dan alleen een representatie van een domein. Hoewel het hiermee pragmatische kwaliteit definieert, valt het niet binnen de dimensie van pragmatische kwaliteit voor dit onderzoek en wordt het hiermee niet relevant geacht om verder te onderzoeken. Ook in het SEQUAL framework worden geen drempelwaardes aan metrieken gekoppeld.

Het 'Understandability Guidelines Framework' is ontstaan om aanbevelingen te geven die een ontwerper zou moeten volgen om begrijpelijke BPMN-modellen te modelleren (Corradini, et al., 2018). Het framework bevat 50 richtlijnen omtrent begrijpelijkheid en toont ook drempelwaardes bij de bijbehorende richtlijnen. Het framework toont in meerdere gevallen overeenkomsten met metrieken, zoals de grootte van een model, en wordt dan ook als relevant geacht als het gaat om het meten van pragmatische kwaliteit. De bijbehorende classificaties zijn echter gebaseerd op twee mogelijkheden. Per richtlijn is het mogelijk om binnen de drempelwaarde te zitten, of erbuiten. In het laatste geval wordt er een verbeterrichtlijn opgegeven. Het framework zegt hiermee wel iets over de kwaliteit van een model, maar focust zich in de basis meer op verbeterrichtlijnen.

Het BPMIMA-Framework hanteert daadwerkelijk drempelwaardes om te bepalen hoe begrijpelijk een procesmodel is. Het framework bevat alle gevonden metrieken uit onderzoeksvraag R1 en splitst ook de classificaties in begrijpelijkheid, aanpasbaarheid en efficiëntie op. In andere frameworks is hier meer onduidelijkheid over en wordt gerelateerd aan efficiëntie (Sánchez-González, García, Mendling, & Ruiz, 2010; Sánchez-González, García, & Ruiz, 2011). Tevens zijn de categorieën van het BPMIMA-framework recentelijk uitgebreid met een extra classificatie van begrijpelijkheid. Echter, niet voor alle metrieken is hiervoor gekozen. Sommige metrieken hebben nog vier classificaties, al worden deze duidelijk ingedeeld (5 == zeer moeilijk tot 2 == makkelijk). Zie hiervoor ook bijlage 12, figuur 12-1. Indien er wordt vergeleken met de eerdere drempelwaardes en classificaties in Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini (2011), wordt hierbij geclassificeerd in efficiëntie (1: zeer inefficiënt, 5: zeer efficiënt). Het wordt niet helemaal duidelijk waarom. Voor de onderzoeker onderschrijft dit de keuze voor het gebruik van de recentere classificaties, omdat deze daadwerkelijk relateren aan het begrip begrijpelijkheid. Het BPMIMA-framework wordt hierom beschouwd als het meest relevante framework. Het framework wordt gecombineerd met de drempelwaardes in tabel 9 uit Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017). Bij het analyseren van de drempelwaardes van het BPMIMA-framework zijn zes andere metrieken gevonden die relateren aan de classificaties van begrijpelijkheid, die niet naar voren kwamen in de literatuur in paragraaf 2.2.1. Dit onderzoek beschouwt de metrieken ook niet als empirisch gevalideerd, waarmee ze wel onderdeel zijn van het framework, maar hierdoor niet zullen worden berekend. Het gaat om de metrieken 'Number of exclusive data based decision', 'Number of exclusive event based decisions', 'Number of complex decisions', 'Number of parallel forkings', 'Number of Pools' en 'Proportion of data objects as incoming/outcoming products and total data object'.

Begrijpelijkheid	Ze er moei lijk te begri ppen	Moei lijk te begri ppen	Gemiddeld begrijpelijk	Makke lijk te begri ppen	Ze er makke lijk te begri ppen
1. CFC	> 38.2	$\leq 38.2 < 21.1$	$\leq 21.1 < 10.3$	$\leq 10.3$	
2. Size	> 81.1	$\leq 81.1 < 58.1$	$\leq 58.1 < 43.7$	$\leq 43.7 < 29.4$	$\leq 29.4$
3. Average gateway degree	5.70	$\leq 5.70 < 3.98$	$\leq 3.98 < 2.90$	$\leq 2.90 < 1.82$	$\leq 1.82$
4. Density	$\leq 0.06$	$> 0.06 < 0.20$	$\geq 0.20 < 0.41$	$\geq 0.41$	
5. TNSF	> 74.8	$\leq 74.8 < 50.2$	$\leq 50.2 < 34.8$	$\leq 34.8 < 19.4$	$\leq 19.4$
6. TNE	> 18.2	$\leq 18.2 < 11.5$	$\leq 11.5 < 7.28$	$\leq 7.28 < 3.04$	$\leq 3.04$
7. TNG	> 17.3	$\leq 17.3 < 9.71$	$\leq 9.71 < 4.89$	$\leq 4.89 < 0.08$	$\leq 0.08$
8. NSFE	> 16.5	$\leq 16.5 < 8.74$	$\leq 8.74 < 3.81$	$\leq 3.81$	
9. NMF	> 22.8	$\leq 22.8 < 13.2$	$\leq 13.2 < 7.15$	$\leq 7.15 < 1.09$	$\leq 1.09$
10. NSFG	> 42.5	$\leq 42.5 < 23.2$	$\leq 23.2 < 11.1$	$\leq 11.1$	
11. CLP	> 6.32	$\leq 6.32 < 3.79$	$\leq 3.79 < 2.21$	$\leq 2.21 < 0.62$	$\leq 0.62$
12. NDOOUT	> 19.3	$\leq 19.3 < 9.60$	$\leq 9.60 < 3.46$	$\leq 3.46$	
13. NDOIn	> 26.1	$\leq 26.1 < 12.1$	$\leq 12.1 < 3.38$	$\leq 3.38$	
14. Sequentiality	$\leq 0.25$	$> 0.25 < 0.48$	$\geq 0.48 < 0.70$	$\geq 0.70 < 1.07$	$\geq 1.07$
15. Token splits	> 1.36	$\leq 1.36 < 0.60$	$\leq 0.60 < 0.12$	$\leq 0.12$	
16. Max gateway degree	> 8.39	$\leq 8.39 < 5.3$	$\leq 5.3 < 3.36$	$\leq 3.36 < 1.42$	$\leq 1.42$
17. Depth	> 5.09	$\leq 5.09 < 3.02$	$\leq 3.02 < 1.72$	$\leq 1.72 < 0.42$	$\leq 0.42$
18. Connectivity coefficient	> 2.28	$\leq 2.28 < 1.43$	$\leq 1.43 < 0.90$	$\leq 0.90 < 0.37$	$\leq 0.37$
19. Gateway mismatch	> 40.9	$\leq 40.9 < 22.6$	$\leq 22.6 < 11.2$	$\leq 11.2$	
20. Gateway heterogeneity	> 1.39	$\leq 1.39 < 0.71$	$\leq 0.71 < 0.28$	$\leq 0.28$	

Tabel 7: Drempelwaardes bij geselecteerde metrieken gebaseerd op het BPMIMA-framework (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017)

### 2.3. Doel van het vervolgonderzoek

Het doel van het vervolgonderzoek is om met de informatie vanuit het literatuuronderzoek, procesmodellen uit de praktijk te berekenen op hun score van pragmatische kwaliteit, om vervolgens middels een empirisch onderzoek de classificaties uit het BPMIMA-framework te kunnen valideren. Hierbij worden de drempelwaardes en classificaties uit tabel 9 gehanteerd.

### 3. Methodologie

In dit hoofdstuk wordt verantwoording afgelegd over de methode van onderzoek. Welke onderzoeksmethode is gekozen, waarom deze methode het meest geschikt is en welke gegevens verzameld worden.

#### 3.1. Conceptueel ontwerp

##### *Doel onderzoek*

De aard van dit onderzoek is om te bepalen in welke mate procesmodellen uit de praktijk de classificaties in het BPMIMA-framework valideren. Evaluerend onderzoek stelt in staat om prestaties te beoordelen en vergelijkingen te maken. Een evaluatieve studie kan een theoretische bijdrage leveren, waarbij de nadruk wordt gelegd op het 'begrijpen van' en niet alleen hoe effectief iets is, maar ook waarom (Saunders et al., 2016). Het doel van een evaluerend onderzoek is te ontdekken hoe goed iets werkt. Het onderzoek bestaat uit twee fases, namelijk:

*Fase 1:* Bestaande procesmodellen uit de praktijk worden gebruikt om de pragmatische kwaliteit te bepalen volgens het theoretische classificatieframework in tabel 9 (subvraag R3 uit de opdrachtformulering).

*Fase 2:* De theoretische classificatie van de procesmodellen worden vervolgens geëvalueerd en getoetst met professionals, om te bepalen in welke mate de classificaties uit het gekozen framework valideren (subvraag R4 uit de opdrachtformulering).

Omdat het onderzoek uit twee fases bestaat, wordt er een 'mixed methods' onderzoek toegepast. Mixed methods onderzoek combineert het gebruik van kwalitatief en kwantitatieve datacollectie en analyses (Saunders, 2016). Om te bepalen in welke mate procesmodellen uit de praktijk de classificaties van pragmatische kwaliteit in het BPMIMA-framework valideren, wordt fase 1 van het onderzoek uitgevoerd middels een survey. Bij een *survey* strategie kiest de onderzoeker duidelijk voor breedte en generalisatie (Verschuren, P., & Doorewaard, 2007). Zodoende kan de onderzoeker bij het opvragen van modellen uit de praktijk uitgaan van modellen uit meerdere organisaties. De keuze voor deze strategie, gecombineerd met de alternatieven, worden uitgebreider toegelicht in bijlage 4.

Fase 2 van het onderzoek, waar het doel is via deelnemers te evalueren in welke mate zij het eens zijn met de classificaties uit fase 1, wordt uitgevoerd middels een case study. Hiermee is het onderzoek geschikt voor kwalitatieve analyses en kan er dieper worden ingegaan op antwoorden van deelnemers. De keuze voor deze strategie, gecombineerd met de alternatieven, worden uitgebreider toegelicht in bijlage 4.

Aangezien het onderzoek in een beperkte tijd moet worden uitgevoerd, is gekozen voor een cross-sectioneel onderzoek. Een cross-sectioneel onderzoek is een onderzoek waarbij een bepaald fenomeen op een bepaald moment in de tijd wordt bestudeerd (Saunders, 2016). Er wordt vergelijkbaar onderzoek gedaan door een drietal andere onderzoekers, waarbij het de intentie is om de resultaten samen te voegen.

#### 3.2. Technisch ontwerp

In deze paragraaf worden de technieken en procedures beschreven die gebruikt worden voor het verzamelen en analyseren van gegevens. Omdat er twee fases in het onderzoek zijn gedefinieerd, wordt per fase het technisch ontwerp toegelicht.

### 3.2.1. Fase 1

De doelstelling van fase 1 is het bepalen van de pragmatische kwaliteit van procesmodellen uit de praktijk volgens het theoretische classificatieframework in tabel 9.

#### *Dataverzameling*

Het bepalen van de pragmatische kwaliteit van procesmodellen zal worden uitgevoerd met behulp van modellen uit de praktijk, specifiek procesmodellen in de taal BPMN. Als eerste stap wordt binnen het netwerk van de onderzoeker een oproep gedaan, om procesmodellen uit de praktijk aan te leveren. Dat betekent dat er binnen de organisatie van de onderzoeker wordt gevraagd om procesmodellen uit de praktijk, maar ook in het privénetwerk naar modellen wordt gezocht. Tevens wordt een oproep via het LinkedIn-netwerk gedeeld. Bij de case worden de volgende criteria gehanteerd:

- Het procesmodel dient te worden gebruikt in de praktijk en reflecteert een echt bedrijfsproces. Dit dient een procesmodel zijn ten behoeve van het informeren van stakeholders. Andere modellen, zoals modellen voor automatisering, dienen een ander doel dan begrijpelijkheid;
- Het procesmodel is gemodelleerd in de taal BPMN. Het classificatieframework in tabel 9 is in de basis op deze taal gericht;
- Er mogen geen submodellen zijn toegepast, omdat hier in het classificatieframework geen rekening mee is gehouden;
- Het procesmodel mag anoniem worden opgeleverd. Er is geen verplichting voor het gebruik van labels, omdat de metrieken enkel naar de structuur van het model kijken.

Er wordt geen minimum of maximum gehanteerd bij het verzamelen van de procesmodellen uit de praktijk. Uitsluiten van modellen zou in potentie het resultaat kunnen beïnvloeden. Echter, omdat het onderzoek in beperkte tijd wordt uitgevoerd, wordt er een periode van één maand gereserveerd voor het verzamelen van modellen. Hiermee wordt voldoende tijd gereserveerd voor de uitwerking van het verdere onderzoek. Doordat de modellen aan de hand van metrieken worden berekend, kan er in de betreffende periode van verzameling al wel worden gestart met de operationalisatie van het onderzoek.

#### *Operationalisatie*

De eerste stap is het verzamelen van alle formules en de betekenis van de bijbehorende metrieken, zodat de metrieken berekend kunnen worden. De formules worden opgeslagen en gecombineerd met de omschrijving verwerkt in bijlage 3, tabel 3-1. Als alle formules en de bijbehorende omschrijving van de metrieken zijn bepaald, wordt een tabel opgesteld in Excel waarin alle metrieken verticaal worden uitgeschreven. Alle verzamelde procesmodellen worden vervolgens genummerd en per kolom (horizontaal) wordt het nummer van het model uitgeschreven. Zodoende kan er in het geval van extra modellen uit de dataverzameling een kolom extra bijkomen, totdat de periode van verzameling is verstreken. Vervolgens wordt ieder model per metriek berekend. Er wordt per metriek bekeken of dit handmatig kan worden gedaan, of dat het mogelijk is om dit automatisch te doen, doordat een metriek bijvoorbeeld een samenstelling is van andere metrieken. Als alle procesmodellen per metriek zijn berekend, wordt er een soortgelijke tabel opgesteld. Met behulp van de geselecteerde drempelwaardes uit tabel 9 worden vervolgens de procesmodellen geclassificeerd met een score van 1 tot 5, waarbij 1 == Zeer Makkelijk en 5 == Zeer moeilijk. In figuur 4 is een voorbeeld opgenomen van de tabel met metriekwaardes in Excel.

Metriek	Formuleblad	Manueel / Automatisch	Model 1
1. CFC	CFC		
CFC AND	CFC.A		
CFC OR	CFC.O		
CFC XOR	CFC.X		
2. Size	Size		
3. Average gateway degree	AGC		
4. Density	Den		
5. TNSF	TNSF		
6. TNE	TNE		
7. TNG	TNG		
8. NSFE	NSFE		
9. NMF	NMF		
10. NSFG	NSFG		
11. CLP	CLP		
12. NDOOut	NDOOut		
13. NDOIn	NDOIn		
14. Sequentiality	Seq		
15. Token splits	TS		
16. Max gateway degree	MGD		
17. Depth	Depth		
18. Connectivity coefficient	CC		
19. Gateway mismatch	GM		
20. Gateway heterogeneity	GH		

Figuur 4: Scorekaart procesmodellen en bijbehorende metrieken

Als alle modellen en metrieken zijn berekend, worden de gegevens van de classificatiescores opgenomen in SPSS. Allereerst worden alle variabelen in SPSS genoteerd, dat wil zeggen dat de opbouw van de metrieken wordt geformuleerd, bijvoorbeeld door de waardes te definiëren. Vervolgens wordt de data verwerkt vanuit Excel in het dataoverzicht van SPSS.

#### Gegevensanalyse

Allereerst wordt er een overzicht gemaakt van de gemiddelden van de metrieken, gecombineerd met de standaardafwijking en de mediaan. Hierbij worden de gemiddelde scores van de metrieken en modellen geanalyseerd, om te bepalen hoe de metrieken en modellen gemiddeld scoren en in welke classificatie van begrijpelijkheid. Middels de standaardafwijking wordt de spreiding van scores van een metriek geanalyseerd. Ook wordt er een percentage bepaald om in te zien hoe vaak een score van een metriek (van een model) het afgeronde gemiddelde scoort van de betreffende metriek.

Vervolgens wordt een boxplot overzicht gecreëerd met behulp van een Python script. Dit overzicht zorgt voor een grafische voorstelling van de metrieken, waarbij de kleinste waarde, grootste waarde, de mediaan en de kwartielen worden getoond. Ook uitbijters en het gemiddelde worden getoond in het overzicht. Middels dit overzicht worden de metrieken geanalyseerd en kan er gekeken worden naar kwartielafstand, de mediaan en wordt eenvoudig weergegeven hoe de scores zich verhouden van de metrieken, om conclusies te kunnen trekken uit de gegevens van de begrijpelijkheidsscores.

### 3.2.2. Fase 2

De doelstelling van fase 2 is het toetsen van de kwaliteitsscore van de procesmodellen uit de praktijk via professionals en te bepalen in hoeverre de uitkomsten overeenkomen en relatie hebben met de uitkomsten uit fase 1. Er worden semigestructureerde interviews afgenomen, zie hiervoor ook bijlage 4 voor de uitgebreidere toelichting op deze keuze. Deze vorm van interviewen is zeer geschikt en efficiënt voor evaluerende onderzoeken, omdat het de mogelijkheid biedt om door te vragen en

om gegeven antwoorden door de interviewer te verifiëren of ze goed zijn begrepen (Saunders et al., 2016). Tevens kan er met een semigestructureerd interview aan verschillende geïnterviewden dezelfde vragen worden gesteld, maar kan ook dieper worden ingezoomd op antwoorden of worden afgeweken van het interviewprotocol, om zodoende mogelijk extra (verklarende) dieptevragen te stellen en antwoorden te verduidelijken. Omdat het onderzoek in beperkte tijd wordt uitgevoerd, is gekozen om minimaal 5 en maximaal 8 personen te interviewen. Hiermee wordt geacht dat er voldoende tijd is voor de uitwerking van de interviews en de uitwerking van het verdere onderzoek.

#### *Dataverzameling*

Aan de deelnemers worden de volgende criteria gesteld:

- De deelnemer kan een procesmodel interpreteren, maar hoeft geen specialist te zijn;
- De deelnemer kan en wil meewerken aan het onderzoek;
- De deelnemer kent de taal van BPMN;
- De deelnemer mag eventuele procesmodellen door hem/haar gemaakt niet beoordelen.

De rode draad van het interview is het evalueren van de begrijpelijkheid van een vijftal geselecteerde procesmodellen die zijn gebruikt voor het onderzoek uit paragraaf 3.2.1. Door alle scores op te tellen en te delen door het aantal metrieken, wordt het gemiddelde van een model berekend. Het gewogen gemiddelde is gebaseerd op de veronderstelling dat alle metrieken even relevant zijn voor de pragmatische kwaliteit. Vervolgens wordt het laagst gescoorde model en het hoogst gescoorde model geselecteerd. Daarnaast wordt geprobeerd om vanuit iedere tussenliggende classificatiecategorie een model te selecteren. Mocht dit niet mogelijk zijn, doordat er geen model beschikbaar is in een bepaalde categorie, wordt gekeken of er een model kan worden toegevoegd die geen deel uitmaakt van de sample uit fase 1. Dit model wordt dan initieel berekend volgens het proces uit fase 1. Het model zal worden geanalyseerd, maar wordt niet gebruikt om conclusies te trekken, omdat het geen deel uitmaakt van de originele dataset. De geselecteerde modellen worden vooraf gestript en geanonimiseerd, om zo veel mogelijk de focus te kunnen houden op de structurele kenmerken van het model.

#### *Operationalisatie*

De interviews met de deelnemers zullen zo veel mogelijk plaatsvinden in een offline setting. Er wordt een interviewprotocol gehanteerd. Het uitgewerkte interviewprotocol wordt getoond in bijlage 7. Alle deelnemers worden over het hoofdonderwerp geïnformeerd voordat het interview begint. Ze zullen ook om een akkoord worden gevraagd om de sessie op te nemen. Vervolgens wordt gevraagd om hun rol te benoemen, met daarbij de ervaring die men heeft met betrekking tot procesmodellieren.

Dan zal aan de deelnemer worden gevraagd een selectie van de modellen te maken, van makkelijk naar moeilijk. Tevens wordt per model gevraagd om de keuze toe te lichten. Hiermee wordt geprobeerd relaties te leggen met de classificatiescore van de modellen onderling. Daarnaast wordt ook geprobeerd om relaties te leggen met de metrieken, op basis van de toelichting.

Daarna wordt gevraagd naar de begrijpelijkheid van procesmodellen in het algemeen en welke factoren volgens de deelnemer belangrijk zijn in een goed procesmodel. Hierin wordt gekeken naar de perceptie van begrijpelijkheid van de deelnemer en geprobeerd het belang van de (meetbare) metrieken in procesmodellen te verklaren.

In vraag 3 wordt gevraagd om de geselecteerde modellen los van elkaar te scoren op begrijpelijkheid. Hiermee wordt gekeken of het gewogen gemiddelde van de geselecteerde modellen overeenkomsten vertoont met de antwoorden van de deelnemer.

### *Gegevensanalyse*

Voor het analyseren van de vergaarde gegevens wordt een inductieve aanpak gehanteerd. Het essentiële doel van deze aanpak is om te zoeken naar thema's of patronen die in een gegevensset voorkomen (Saunders, 2016). Er wordt zodoende geprobeerd relaties te identificeren in de data tussen fase 1 en fase 2. Op basis van de gegevens vanuit de eerste vraag, wordt een cross-analyse opgesteld met de metrieken en de scores. De interviews zullen worden getranscribeerd, waarna er een tabel zal worden opgesteld met een selectie van antwoorden/motivaties ten aanzien van de procesmodellen. Deze worden gerelateerd aan de metrieken uit fase 1, waarbij er een vergelijking wordt opgesteld met de classificatiescore van de betreffende metriek. Verder zal de volgorde worden geanalyseerd van de procesmodellen, om te kijken of er relaties kunnen worden gevonden met de volgorde van de gemiddeldes van de procesmodellen uit fase 1.

Voor de tweede vraag zal er een soortgelijke aanpak worden gehanteerd. Er wordt echter niet teruggerepen op de theoretische analyse uit fase 1, maar er zal een analyse worden gedaan op het begrip begrijpelijkheid in procesmodellen volgens de deelnemers. Hierin wordt geanalyseerd of er een relatie is met betrekking tot een specifieke metriek in relatie tot begrijpelijkheid.

Voor de laatste vraag wordt een tabel opgesteld met de verkregen antwoorden per model en de bijbehorende score. Er wordt een vergelijking gemaakt met de gemiddelde classificatiescore uit fase 1. Dit wordt gedaan door het gemiddelde te bepalen van de verschillende antwoorden. Hiermee wordt er gekeken in hoeverre de scores overeenkomen met de berekende score uit fase 1.

### 3.3. Reflectie t.a.v. validiteit, betrouwbaarheid en ethische aspecten

In deze paragraaf wordt de verantwoording afgelegd van de onderzoeksopzet. Tevens wordt de interne en externe validiteit van de methodologie toegelicht. Als laatste wordt de verantwoording vanuit ethisch oogpunt toegelicht.

#### *Interne validiteit*

Om de interne validiteit in fase 1 van het onderzoek te verhogen, wordt er door de onderzoeker een proefmodel berekend met de metrieken met gevalideerde antwoorden (vanuit de literatuur), om te valideren dat de gegevens en formules goed worden gebruikt en verwerkt. In fase 2, de interviews, zal een audio-opname worden gemaakt (indien akkoord). Hiermee wordt misinterpretatie of het foutief verwerken van antwoorden zo veel mogelijk voorkomen. Tevens wordt ieder interview afgenomen in dezelfde setting, onder dezelfde voorwaarden. Dat wil zeggen dat het interview wordt geprint en de modellen voor iedere deelnemer op dezelfde manier worden gepresenteerd.

Alle data wordt getranscribeerd en voorgelegd aan de deelnemer ter verificatie. Bij akkoord wordt de data gebruikt voor analyse. Er wordt eveneens een proefinterview gedaan om te toetsen of de vragen helder en goed worden begrepen.

#### *Externe validiteit*

Om de externe validiteit in fase 1 te waarborgen, wordt in fase 1 gekeken naar de randvoorwaarden van de modellen. Indien het procesmodel aan de randvoorwaarden voldoet, wordt het gebruikt in het onderzoek. Om de externe validiteit te verhogen in fase 2, wordt vooraf gevraagd naar de ervaring van de potentiële deelnemer. Indien er niet wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zal het interview niet plaatsvinden. Hiermee wordt ook voldaan aan de selectiecriteria van deelnemers.



### *Betrouwbaarheid*

Om de betrouwbaarheid van de gegevens uit fase 2 te verhogen, worden bij elk interview dezelfde vragen gesteld en in dezelfde setting. Wel wordt door het gebruik van semigestructureerde interviews de mogelijkheid gegeven om dieper in te gaan op situaties als dat gewenst is. Om conclusies te kunnen trekken uit de interviews, wordt bij het analyseren zo veel mogelijk gebruik gemaakt van gemiddeldes en de mediaan.

### *Ethische aspecten*

Bij het uitvoeren van dit onderzoek is de 'Nederlandse gedragscode wetenschappelijke integriteit 2018' van toepassing. De volgende ethische codes zijn hiermee van toepassing op het onderzoek:

1. Eerlijkheid
2. Zorgvuldigheid
3. Transparantie
4. Onafhankelijkheid
5. Verantwoordelijkheid

Daarnaast spelen de volgende algemene ethische principes een rol tijdens het volledige onderzoek (Saunders et al., 2016):

- a) Integriteit en objectiviteit van de onderzoeker. Onderzoeker zal te allen tijde een objectieve houding in het onderzoek bewaken en heeft bijvoorbeeld geen commercieel oogpunt;
- b) Respect voor anderen. Onderzoeker zal deelnemers te allen tijde met respect behandelen;
- c) Onderzoeker vermijdt schade ten aanzien van personen, organisaties en gegevens;
- d) Privacy van de deelnemers. Alleen de naam wordt met goedkeuring van de deelnemers verwerkt in het verslag;
- e) Vrijwillig karakter van deelname en recht op intrekking. Deelnemer heeft recht om op ieder moment af te zien van deelname aan het interview, of aangeleverde procesmodellen alsnog uit te sluiten van bestuderen;
- f) Geïnformeerde toestemming van de deelnemers. Bij ieder interview wordt gevraagd of het interview mag worden opgenomen;
- g) Zorgen voor vertrouwelijkheid van gegevens en behoud van anonimiteit van de deelnemers. Gegevens en data van de modellen blijven anoniem en worden alleen met toestemming vrijgegeven;
- h) Verantwoordelijkheid bij de analyse van gegevens en het rapporteren van bevindingen. De onderzoeker draagt zorg objectieve analyse van gegevens en rapportage van bevindingen.

## 4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van het uitgevoerde onderzoek. De resultaten worden opgedeeld in twee fases. De eerste fase beschrijft het meten van procesmodellen uit de praktijk middels het BPMIMA-framework. De tweede fase toont de resultaten uit het afnemen van de interviews.

### 4.1. Fase 1

De resultaten met betrekking tot fase 1 van het onderzoek worden hieronder getoond.

#### 4.1.1. Verzamelen van praktijkmodellen

Voor het verzamelen van procesmodellen uit de praktijk is binnen het eigen netwerk van de onderzoeker gezocht naar BPMN-modellen. Met een begeleidende tekst gecombineerd met de randvoorwaarden van de BPMN-modellen, is geprobeerd zo veel mogelijk praktijkmodellen te verzamelen. Dit leverde uiteindelijk 52 modellen op die werden toegestuurd. Een onderzoek naar de geschiktheid van de modellen zorgde voor een filtering van 32 modellen, omdat deze ondanks de toegestuurde randvoorwaarden niet geschikt waren voor analyse via het BPMIMA-framework. De modellen waren in 21 gevallen niet in de taal BPMN opgesteld en in 11 gevallen bevatten de modellen één of meerdere submodellen. Gecombineerd met de randvoorwaarden leverde dit uiteindelijk 20 modellen op voor het onderzoek. Een extra poging om BPMN-modellen te verzamelen via het LinkedIn netwerk leverde uiteindelijk nog eens 20 modellen op, welke allen geschikt waren voor analyse. Het geheel resulteerde in 40 BPMN-modellen ter analyse vanuit drie verschillende organisaties. In bijlage 5 is de verzameling van de praktijkmodellen uitgebreider toegelicht.

#### 4.1.2. Meten van metrieken

Alle metrieken zijn met behulp van de bijbehorende formule uit bijlage 3 voor ieder model berekend. Figuur 5 toont de scores van de modellen aan de hand van een vereenvoudigde weergave. Voor de metrieken 3. *AGD* en 16. *MGD* was het in twee gevallen (model 19 en 38) niet mogelijk om de score te berekenen, omdat er bij de betreffende modellen geen Gateways aanwezig zijn. Metriek 15. *TS* gaf voor ieder model de waarde nul, wat erop duidt dat er weinig uitgaande stromen zijn bij de Gateways AND-joins en OR-joins.

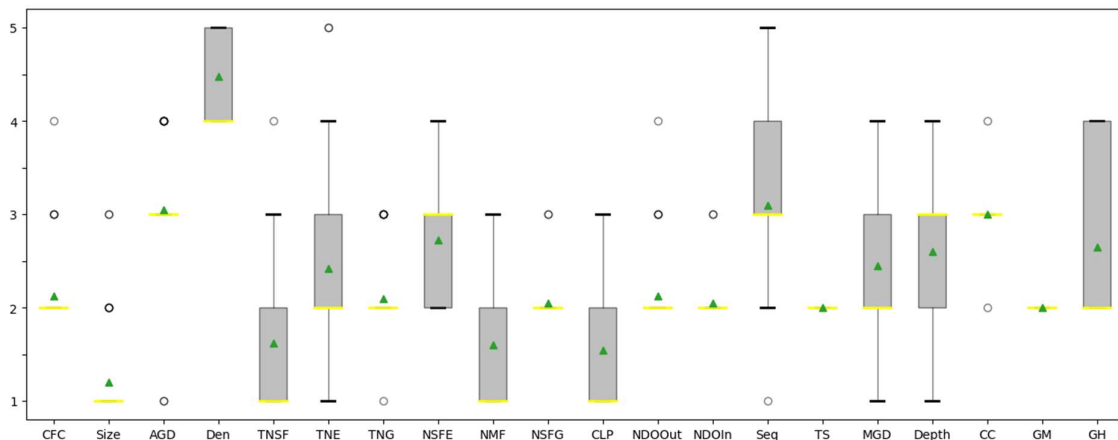
Model / Metriek	1. CFC	2. Size	3. AGD	4. Den	5. TNSF	6. TNE	7. TNG	8. NSFE	9. NMF	10. NSFG	11. CLP	12. NDOOut	13. NDOIn	14. Seq	15. TS	16. MGD	17. Depth	18. CC	19. GM	20. GH
1	7	16	3,333333	0,079167	19	6	3	2	8	4	0,25	0	0	0,210526	0	4	1	1,1875	7	0
2	3	23	3	0,067194	34	5	1	1	0	2	0	9	2	0,911765	0	3	1	1,478261	2	0
3	3	13	4	0,083333	13	5	1	2	1	3	0,5	0	0	0,692308	0	4	1	1	3	0
4	7	18	4	0,062092	19	4	1	3	3	3	1,5	2	1	0,789474	0	4	1	1,055556	3	0
5	6	10	3	0,133333	12	2	3	1	2	4	0,5	0	0	0,416667	0	3	3	1,2	6	0
6	2	14	3	0,087912	16	1	1	5	0	2	0	0	0	0,8125	0	3	1	1,142857	2	0
7	4	9	3	0,152778	11	2	2	1	0	4	0	0	0	0,454545	0	3	1	1,222222	4	0
8	6	10	3	0,122222	11	3	4	1	0	7	0	0	0	0,090909	0	3	2	1,1	4	0
9	13	54	3	0,020964	60	7	5	4	2	10	1	3	4	0,75	0	3	4	1,111111	10	0,97095
10	6	20	3	0,05	19	5	4	2	0	7	0	1	1	0,421053	0	3	3	0,95	4	0
11	4	14	3	0,082418	15	2	2	1	0	4	0	0	0	0,666667	0	3	2	1,071429	4	0
12	4	17	3	0,058824	16	3	3	1	0	5	0	3	3	0,5	0	3	2	0,941176	2	0
13	7	12	3,5	0,098485	13	4	2	3	0	4	0	0	0	0,461538	0	4	2	1,083333	4	0
14	8	14	3	0,098901	18	5	4	4	0	8	0	0	0	0,333333	0	3	2	1,285714	8	0
15	4	18	3	0,062092	19	10	2	7	0	4	0	0	0	0,684211	0	3	2	1,055556	4	0
16	4	13	3	0,089744	14	6	2	4	0	4	0	0	0	0,571429	0	3	2	1,076923	4	0
17	4	14	3	0,071429	13	7	2	3	0	4	0	0	0	0,538462	0	3	2	0,928571	4	0
18	6	16	4	0,079167	19	2	2	1	0	6	0	0	1	0,578947	0	4	2	1,1875	6	0
19	0	18		0,055556	17	1	0	1	0	0	0	2	6	1	0		0	0,944444	0	0
20	9	11	3,75	0,118182	13	3	4	1	0	9	0	0	0	0	0	5	2	1,181818	0	0,81127
21	8	47	3,2	0,022202	48	25	5	15	8	10	3,333333	7	0	0,6875	0	4	4	1,021277	7	0,72193
22	8	14	3,25	0,098901	18	7	4	5	6	8	3	0	0	0,277778	0	4	2	1,285714	4	0
23	7	18	5	0,068627	21	10	3	8	2	8	2	0	0	0,333333	0	6	1	1,166667	0	0
24	29	31	3,57	0,043011	40	8	7	4	1	16	0,333333	8	0	0,45	0	5	3	1,290323	7	0,98522
25	6	23	3	0,045455	23	7	4	4	3	7	1,5	2	0	0,478261	0	3	1	1	4	0
26	6	26	3,25	0,04	26	11	4	4	0	7	0	2	2	0,5	0	4	1	1	4	0
27	9	26	3	0,043077	28	13	4	8	0	8	0	1	1	0,678571	0	3	2	1,076923	8	0,81127
28	12	33	3,5	0,039773	42	9	6	5	3	13	1,5	11	0	0,5	0	4	3	1,272727	9	0
29	8	34	3,4	0,032086	36	20	5	13	5	10	1,666667	0	0	0,638889	0	4	3	1,058824	2	0,72192
30	5	22	3,33	0,049784	23	11	3	7	2	6	1	1	1	0,565217	0	4	3	1,045455	6	0,9183
31	3	34	5,33	0,032977	37	16	3	14	0	6	0	3	1	0,648649	0	7	2	1,088235	1	0,9183
32	1	20	5	0,057895	22	9	1	4	0	4	0	3	3	0,772727	0	5	1	1,1	4	0
33	7	23	3,25	0,055336	28	8	4	7	4	8	2	2	2	0,607143	0	4	3	1,217391	5	0
34	6	26	3,33	0,043077	28	15	3	10	7	6	2,333333	2	1	0,642857	0	4	3	1,076923	7	0,9183
35	3	23	3	0,029644	15	12	3	5	13	4	2,6	2	2	0,4	0	3	2	0,652174	-2	0,9183
36	5	26	3	0,046154	30	9	3	5	10	6	3,333333	0	1	0,733333	0	3	2	1,153846	6	0,9183
37	3	14	3	0,093407	17	7	3	5	4	4	1	1	0	0,529412	0	3	1	1,214286	-2	0,9183
38	0	14		0,087912	16	7	0	5	5	0	1,25	1	0	0,5625	0		0	1,142857	0	0
39	3	18	3	0,068627	21	8	2	5	7	4	1,4	2	0	0,666667	0	3	1	1,166667	4	1
40	6	29	3	0,04064	33	13	3	7	9	6	2,25	1	1	0,727273	0	3	1	1,137931	6	0

Figuur 5: Scores van de modellen over alle metrieken en de gemiddelde score van de metriek.

#### 4.1.1. Classificeren modellen

Na het meten van de metriekwaardes voor alle procesmodellen is het classificatieframework uit tabel 9 toegepast. Hierbij is voor iedere waarde de bijbehorende classificatie bepaald en gerangschikt van 1 tot 5 (1 = zeer makkelijk-, 5 = zeer moeilijk te begrijpen). Figuur 8 toont het overzicht van de scores.

De analyse van de classificatiescores toont aan dat meerdere metrieken vrijwel gelijk scoren op de procesmodellen. Om dit inzichtelijk te maken is gebruik gemaakt van een boxplotoverzicht, zie figuur 6. De mediaan is zichtbaar middels de gele streep. Het groene driehoekje toont het gemiddelde van de metriek. Het doorzichtige rondje geeft de uitschieters aan van de metriek. Bij de metrieken 1. CFC, 2. Size, 3. AGD, 7. TNG, 10. NSFG, 12. NDOOut, 13. NDOIn, 15. TS, 18. CC en 19. GM wordt geen box getoond, waaruit kan worden afgeleid dat er zeer weinig variatie zit in de classificaties en zeer weinig spreiding zit in de scores.



Figuur 6: Boxplotoverzicht metrieken en bijbehorende scores

Daarnaast is middels een overzicht met de gemiddeldes en de standaarddeviatie gekeken naar de scores van de metrieken, zie figuur 7. Tevens is procentueel onderzocht hoe vaak een metriek het afgeronde gemiddelde scoort. Ook hierbij kan worden afgeleid dat de meeste metrieken in de categorie 'zeer makkelijk-' tot 'makkelijk te begrijpen' scoren met lage standaarddeviaties. Wat echter wel van belang is in de weging, is dat acht metrieken (geel gearceerd) uit figuur 8 een classificatie kunnen scoren van 'makkelijk te begrijpen' tot 'zeer moeilijk' (2-5). De classificatie 'zeer makkelijk' is hierbij niet te scoren. Het valt op dat deze metrieken ook zeer dicht tegen de minimale classificatie aanzitten, in dit geval 'makkelijk te begrijpen'. Er wordt meer variatie gevonden in de metrieken met vijf classificaties in plaats van vier, bijvoorbeeld voor de metrieken 6. TNE en 14. Seq. Dit lijkt logisch, omdat er normaliter meer verfijning in de drempelwaardes zit en er meer classificaties zijn. Echter, ondanks deze verfijning blijven de gemiddelde scores en de onderlinge scores voor een groot deel in de categorie 'zeer makkelijk' tot 'makkelijk' (1-2). Metrieken 6. TNE, 14. Seq, 16. MGD en 17. Depth tonen de meeste variatie in de classificatiescores. Er is één metriek die gemiddeld in de categorie 'moeilijk-' tot 'zeer moeilijk te begrijpen' scoort. Metriek 4. Den heeft geen lagere score dan de classificatie 'moeilijk te begrijpen' en vormt een uitzondering vergeleken met de overige metrieken.

Metriek	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Percentage met gemiddelde score
1. CFC	2,13	,404	90
2. Size	1,20	,516	85
3. AGD	3,05	,597	80
4. Den	4,48	,506	52
5. TNSF	1,63	,807	30
6. TNE	2,43	1,130	35
7. TNG	2,10	,379	85
8. NSFE	2,73	,640	54
9. MNF	1,60	,709	13
10. NSFG	2,05	,221	95
11. CLP	1,55	,714	30
12. NDOOut	2,13	,404	90
13. NDOIn	2,05	,221	95
14. Seq	3,10	,871	48
15. TS	2,00	0,000	100
16. MGD	2,45	,677	50
17. Depth	2,60	,672	53
18. CC	3,00	,226	95
19. GM	2,00	0,000	100
20. GH	2,65	,949	0

*Figuur 7: Metriekoverzicht met gemiddelde scores, standaarddeviatie en percentage van de (afgeronde) gemiddelde score*

Wanneer de procesmodelgemiddeldes uit figuur 8 worden geanalyseerd, valt op dat geen van de modellen in de categorie ‘moeilijk-’ tot ‘zeer moeilijk te begrijpen’ scoort. Slechts een aantal modellen, zoals model 21, valt gemiddeld genomen in de categorie ‘gemiddeld te begrijpen’. Wat opvalt is dat de modellen met een hoge gemiddelde score, zoals model 21, meer spreiding hebben in de categorieën. Het overgrote deel van alle modellen scoort echter gemiddeld de categorie ‘makkelijk te begrijpen’. Modellen met lagere gemiddelde scores tonen veel minder spreiding aan en scoren hooguit op een klein aantal metrieken ‘moeilijk te begrijpen’. Model 4 heeft bijvoorbeeld alleen voor metriek 3. AGD en 4. Den een score van ‘moeilijk te begrijpen’.

Model / Score metriek (1-5)	CFC	Size	AGD	Den	TNSF	TNE	TNG	NSFE	NMF	NSFG	CLP	NDOOut	NDOIn	Seq	TS	MGD	Depth	CC	GM	GH	Gemiddelde
1	2	1	3	4	1	2	2	2	3	2	1	2	2	5	2	3	2	3	2	2	2,30
2	2	1	3	4	2	2	2	2	1	2	1	3	2	2	2	2	2	4	2	2	2,15
3	2	1	4	4	1	2	2	2	1	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2,15
4	2	1	4	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2,20
5	2	1	3	4	1	1	2	2	2	2	1	2	2	4	2	2	3	3	2	2	2,15
6	2	1	3	4	1	1	2	3	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,00
7	2	1	3	4	1	1	2	2	1	2	1	2	2	4	2	2	2	3	2	2	2,05
8	2	1	3	4	1	1	2	2	1	2	1	2	2	5	2	2	3	3	2	2	2,15
9	3	3	3	5	4	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	4	3	2	4	2,80
10	2	1	3	5	1	2	2	2	1	2	1	2	2	4	2	2	3	3	2	2	2,20
11	2	1	3	4	1	1	2	2	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2,05
12	2	1	3	5	1	1	2	2	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2,10
13	2	1	3	4	1	2	2	2	1	2	1	2	2	4	2	3	3	3	2	2	2,20
14	2	1	3	4	1	2	2	3	1	2	1	2	2	4	2	2	3	3	2	2	2,20
15	2	1	3	4	1	3	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2,20
16	2	1	3	4	1	2	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2,15
17	2	1	3	4	1	2	2	2	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2,10
18	2	1	4	4	1	1	2	2	1	2	1	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2,15
19	2	1	1	5	1	1	1	2	1	2	1	2	3	2	2	1	1	3	2	2	1,80
20	3	1	3	4	1	1	2	2	1	2	1	2	2	5	2	3	3	3	2	4	2,15
21	2	3	3	5	3	5	3	4	3	2	3	3	2	3	2	3	4	3	2	4	3,10
22	2	1	3	4	1	2	2	3	2	2	3	2	2	4	2	3	3	3	2	2	2,40
23	2	1	4	4	2	3	2	3	2	2	2	2	2	4	2	4	2	3	2	2	2,50
24	4	2	3	5	3	3	3	3	1	3	1	3	2	4	2	3	2	3	2	4	2,80
25	2	1	3	5	2	2	2	3	2	2	2	2	2	4	2	2	2	3	2	2	2,35
26	2	1	3	5	2	3	2	3	1	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2,30
27	2	1	3	5	2	4	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	4	2,45
28	3	2	3	5	3	3	3	3	2	3	2	4	2	3	2	3	3	3	2	2	2,80
29	2	2	3	5	3	5	3	4	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	4	2,85
30	2	1	3	5	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	4	2,55
31	2	2	4	5	3	4	2	3	1	2	1	2	2	3	2	4	3	3	2	4	2,70
32	2	1	4	5	2	3	2	4	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2,35
33	2	1	3	5	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2,45
34	2	1	3	5	2	4	2	4	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	4	2,70
35	2	1	3	5	1	4	2	3	3	2	3	2	2	4	2	2	3	2	2	4	2,60
36	2	1	3	5	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	4	2,55
37	2	1	3	4	1	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	4	2,30
38	2	1	1	4	1	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	1	1	3	2	2	2,00
39	2	1	3	4	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	4	2,40
40	2	1	3	5	2	4	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,40
Gemiddelde	2,13	1,20	3,05	4,48	1,63	2,43	2,10	2,73	1,60	2,05	1,55	2,13	2,05	3,10	2,00	2,45	2,60	3,00	2,00	2,65	

Figuur 8: Classificatiescores van de modellen per metriek, gecombineerd met de gemiddeldes van de metrieke en de modellen

## 4.2. Fase 2

De resultaten met betrekking tot fase 2 van het onderzoek worden hieronder getoond.

### 4.2.1. Selectie modellen

In fase 2 van het onderzoek zijn semigestructureerde interviews afgenomen om de berekende classificaties van de modellen te toetsen met de gekozen doelgroep. Hierbij is gebruik gemaakt van een selectie van modellen, waarbij een gemiddelde van de modellen is berekend om de laagste score van begrijpelijkheid en de hoogste te bepalen. Na het berekenen van de gemiddelde waarden van de modellen uit fase 1, zie figuur 8, bleek echter dat geen van de modellen gemiddeld hoger dan 'gemiddeld te begrijpen' scoren. Hierdoor is er gekozen om een extra model toe te voegen waarbij de classificatiescore 'moeilijk te begrijpen' is berekend, zie hiervoor bijlage 9, figuur 9-5. Dit model komt ook uit de praktijk en is gebruikt in het onderzoek van Turetken, O., Rompen, T., Vanderfeesten, I., Dikici, A., & van Moll (2016). Zodoende is geprobeerd variatie aan te brengen in het toetsen van de classificaties. Uiteindelijk zijn er hiermee vijf modellen geselecteerd voor het interview. In figuur 9 is een overzicht van de modellen gegeven. Het volledige overzicht van alle gemiddelde scores wordt getoond in figuur 8.

Model / Score metriek (1-5)	19	21	24	33	Extra
CFC	2	2	4	2	5
Size	1	3	2	1	5
AGD	1	3	3	3	3
Den	5	5	5	5	5
TNSF	1	3	3	2	5
TNE	1	5	3	3	5
TNG	1	3	3	2	5
NSFE	2	4	3	3	5
NMF	1	3	1	2	5
NSFG	2	2	3	2	5
CLP	1	3	1	2	4
NDOOut	2	3	3	2	2
NDOIn	3	2	2	2	2
Seq	2	3	4	3	4
TS	2	2	2	2	5
MGD	1	3	3	3	3
Depth	1	4	2	3	3
CC	3	3	3	3	5
GM	2	2	2	2	3
GH	2	4	4	2	4
Gemiddelde	1,80	3,10	2,80	2,45	4,15
Mediaan	2	3	3	2	5

Figuur 9: Overzicht classificatiescores van de geselecteerde modellen, het gemiddelde en de mediaan

### 4.2.1. Deelnemers

Voor het afnemen van de semigestructureerde interviews is geprobeerd deelnemers te vinden die voldoen aan de randvoorwaarden die zijn opgesteld in paragraaf 3.2.2. Initieel is contact gezocht met werknemers binnen de organisatie van de onderzoeker en een aantal organisaties die onder een overkoepelende vennootschap vallen. Omdat de onderzoeker in een Consultancy bedrijf werkt,



werden 7 deelnemers, na akkoord van de deelnemer, geselecteerd voor het interview. De interviews zijn onder strikte omstandigheden afgenomen wegens de COVID19-maatregelen. Hierdoor was het voor 2 deelnemers niet mogelijk om (op kantoor) deel te nemen en is besloten deze niet meer te herplannen, om voldoende tijd te reserveren voor het uitwerken en analyseren van de resultaten. Er is besloten de interviews niet online af te nemen, om zo veel mogelijk dezelfde setting te hanteren voor het afnemen van de interviews. Hierdoor zijn er in totaal vijf personen geïnterviewd.

#### 4.2.2. Afnemen interviews

In het eerste deel van het onderzoek is aan de geïnterviewden gevraagd om de modellen op volgorde te leggen van makkelijk naar moeilijk (te begrijpen). Tevens is gevraagd deze keuze toe te lichten.

**Vraag 1:** *Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?*

In tabel 12 worden de resultaten getoond van het op volgorde leggen van de modellen door de geïnterviewden. Tevens wordt in de tabel de volgorde getoond volgens het classificatieframework uit fase 1. Wat direct duidelijk wordt, is dat model 19 bij alle geïnterviewden als het makkelijkste model wordt gekozen. In fase 1 werd duidelijk dat dit model gemiddeld ook het laagste scoort als er gekeken wordt naar de gemiddelde classificatiescore. Na het kiezen van het makkelijkste model, zijn er drie modellen die dichtbij elkaar liggen bij het op volgorde leggen van de modellen. Model 33 volgt in vier van de vijf interviews als tweede keuze, waarbij model 24 en 21 daarna worden geselecteerd. In vergelijking met de theoretische gemiddelde score uit figuur 9, liggen de gemiddelde scores ook bij het framework dichtbij elkaar voor deze modellen. Hiermee toont het overeenkomsten met de uitkomst van het framework. Ook het extra model dat is toegevoegd, toont overeenkomsten met de score uit fase 1. Het model wordt in vier van de vijf interviews als moeilijkst te begrijpen geclassificeerd.

<b>Interview 1</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 21	Model: 24	Model: extra
<b>Interview 2</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra
<b>Interview 3</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra
<b>Interview 4</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: extra	Model: 24	Model: 33	Model: 21
<b>Interview 5</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra
<b>Volgorde uit Fase 1</b>				
1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra

Tabel 12: Overzicht van de keuzes van de geïnterviewden met betrekking tot de volgorde van begrijpelijkheid

Daarnaast is om uitleg gevraagd bij het op volgorde leggen van de procesmodellen. Na het analyseren van de antwoorden is per model een cross-analyse opgesteld met fase 1 van het onderzoek. In tabel 13 is een samenvatting getoond van de motivaties en de cross-analyse. De volledige cross-analyse wordt getoond in bijlage 11, tabel 11-1. Het model dat is toegevoegd is wel



toegelicht door de deelnemers, maar is niet gebruikt voor de conclusie, omdat het geen deel uitmaakte van de oorspronkelijke dataset uit fase 1.

**Vraag 1: Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?**

- Door alle geïnterviewden wordt voor model 19 aangegeven dat er een duidelijke sequentiële flow en opvolging van activiteiten plaatsvindt, zonder gateways. Hierdoor wordt het model als ‘makkelijk te begrijpen’ beschouwd. De analyse met metriek 14. *Seq*, in fase 1 geeft de laagst mogelijke score in de classificaties, ‘makkelijk te begrijpen’.
- Voor model 21 wordt het aantal events als belangrijke reden aangewezen in het op volgorde leggen van de modellen. Het model wordt hierdoor minder overzichtelijk. Wanneer dit wordt vergeleken met metriek 6. *TNE*, heeft dit model in fase 1 de classificatie ‘zeer moeilijk te begrijpen’. De absolute score van deze metriek voor dit model is het hoogste van alle modellen uit fase 1.
- In model 24 wordt het gebruik van de OR-Gateway als een beperking gezien voor de begrijpelijkheid. Het model wordt hierdoor als relatief moeilijk te begrijpen bestempeld. Wanneer dit wordt vergeleken met de bijbehorende metriek 1. *CFC*, is dit het enige model wat op deze metriek ‘moeilijk te begrijpen’ scoort. Tevens heeft het model de hoogste score in absolute scores voor deze metriek (figuur 5).
- In model 33 wordt door de deelnemers de nadruk gelegd op het gebruik van de XOR-Gateway, waardoor het model overzichtelijk en goed gestructureerd is. Ook hier wordt de vergelijking met metriek 1. *CFC* gemaakt. Het model heeft de laagste classificatie voor de metriek, ‘makkelijk te begrijpen’.

*Tabel 13: Analyse antwoorden interview deel 1 en cross analyse met metrieke uit fase 1*

Bij de tweede vraag is aan de deelnemer gevraagd hoe begrijpelijkheid in procesmodellen volgens de deelnemer wordt beschouwd. Hierbij is het mogelijk dat er andere antwoorden worden gegeven dan antwoorden specifiek in relatie tot structurele metrieke. In tabel 14 wordt het overzicht getoond van de data.

**Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel?**

- Er wordt door alle geïnterviewden aangegeven dat overzicht en consistentie belangrijke factoren zijn in begrijpelijkheid van procesmodellen. Hierbij wordt grootte als belangrijkste factor genoemd die invloed heeft op de begrijpelijkheid. Een model mag niet te groot zijn, daardoor wordt het overzichtelijk. Geïnterviewde 2 geeft aan dat bij meer dan 20 Nodes een model de begrijpelijkheid al achteruit gaat. Geïnterviewde 1 geeft aan dat het leesbaar moet zijn op een A4. Als dat niet het geval is, dan dient er bij voorkeur te worden opgesplitst in submodellen.
- Alle geïnterviewden geven aan dat Gateways invloed hebben op de begrijpelijkheid van modelleren. Om dit zo veel mogelijk terug te gaan, zou er voornamelijk met de XOR-Gateway moeten worden gemodelleerd om het overzichtelijk en consistent te houden. Het (mogelijk) activeren van meerdere paden wordt als onoverzichtelijk beschouwd.
- Geïnterviewde 1 en 4 duiden vooral op de begrijpelijkheid voor de gebruiker. Bepaalde symboliek kan wellicht een complex proces semantisch juist en volledig maken, maar voor de doelgroep is dit minder relevant. Er dient dus vooral nagedacht te worden voor wie de procesmodellen zijn bedoeld en op basis daarvan dient er te worden gemodelleerd.
- Ook wordt het gebruik van Lanes als overzichtelijk beschouwd door alle geïnterviewden en geeft het structuur aan modellen. Dit kan zowel verticaal als horizontaal worden toegepast, afhankelijk van het doel van het model.

*Tabel 14: Overzicht antwoorden en motivaties op begrijpelijkheid in procesmodellen*

Bij de derde vraag is aan de deelnemer gevraagd naar een onafhankelijke score van de modellen. Het doel hiervan is op basis van de verzamelde data uit fase 1, gecombineerd met de wegingen uit fase 2, de gemiddeldes te vergelijken van de modellen. In tabel 15 worden de resultaten getoond van de gemiddelde wegingen van de modellen, gecombineerd met de standaardafwijking (spreiding) en de mediaan. De individuele scores per deelnemer worden getoond in bijlage 8, figuur 8-1. De

scores van de modellen 21, 24 en 33 tonen nadrukkelijk overeenkomsten met de gemiddeldes uit fase 1. Model 19 toont het meeste verschil in de gemiddelde scores, maar het verschil is nog altijd minimaal, met een lage standaardafwijking. Het toont aan dat er overeenkomsten zijn tussen de scores uit de praktijk en de theoretische scores uit fase 1.

Model	Gemiddelde score interviews	Standaardafwijking	Mediaan	Gemiddelde score fase 1
19	1,00	0.0	1	1,80
21	3,40	0.489	3	3,10
24	3,00	0.0	3	2,80
33	2,20	0.4	2	2,45
Extra	3,80	0.979	4	4,15

*Tabel 15: Gemiddelde scores van deelnemers van de geselecteerde modellen op begripelijkheid*

## 5. Conclusie

Het doel van dit onderzoek is het valideren van de classificaties van pragmatische kwaliteit van het BPMIMA-framework met procesmodellen uit de praktijk. De conclusies worden hieronder gepresenteerd.

### 5.1. Conclusies

In fase 1 van het onderzoek zijn 40 procesmodellen uit de praktijk gebruikt om de classificaties van het BPMIMA-framework te valideren. Alle metrieken konden worden berekend en geclassificeerd.

De eerste bevinding bij het analyseren van de praktijkmodellen is dat meerdere metrieken vier classificaties hebben. In figuur 7 worden de betreffende metrieken gearceerd getoond. Deze classificaties worden opgedeeld van 'zeer moeilijk' tot 'makkelijk', waarbij de classificatie 'zeer makkelijk' dus niet bestaat. Er is niet goed verantwoord waarom de categorie 'zeer makkelijk' is weggelaten. Een set van vijf classificaties voor iedere metriek, of vier classificaties, zou meer consistentie in het framework bieden.

Uit de resultaten van fase 1 is ook gebleken dat zeer veel praktijkmodellen voor de meeste metrieken een 'zeer makkelijk' tot 'makkelijk' scoren, zie figuur 8. Indien er wordt gekeken naar het begrip 'begrijpelijkheid', is het onderlinge verschil tussen deze classificaties minder relevant en zou een onderscheid in makkelijk, gemiddeld en moeilijk meer zeggen over de begrijpelijkheid van een model dan in de huidige gradering. Tegelijkertijd kan er op basis van de sample ook worden gekeken naar extra verfijning in de drempelwaardes, omdat deze nu grotendeels in de extreme van de score 'makkelijk' scoren. Het boxplotoverzicht uit figuur 7 ondersteunt dit. Alleen de metrieken 5. TNSF, 6. TNE, 8. NSFE, 14. Seq, 17. Depth en 20. GH tonen meer onderscheid in de classificatiescores. Indien een metriek op bijvoorbeeld 2. Size 'zeer makkelijk' scoort, zou dit moeten reflecteren op metrieken waarbij 2. Size onderdeel is, zoals bij 4. Den. In paragraaf 5.4 wordt hier verder op ingezoomd.

Verder wordt geconcludeerd dat het niet duidelijk is wat de waarde is van een classificatie. Er zijn in potentie vijf classificaties mogelijk in het framework, maar het verschil tussen de classificaties wordt niet duidelijk verantwoord, behoudens de toegewezen drempelwaardes. Een consistente onderbouwing van de classificaties, waarbij de achterliggende termen worden verantwoord, zorgt voor een betere verantwoording van het framework en de validatie van de classificaties.

In fase 2 van het onderzoek is een selectie van modellen gebruikt, om te analyseren of deelnemers de classificatiescores uit fase 1 ondersteunen. In het op volgorde leggen van de modellen qua begrijpelijkheid (van makkelijk naar moeilijk), zijn overeenkomsten gevonden met de berekeningen uit fase 1. Model 19 wordt in ieder interview als makkelijkst te begrijpen gescoord en is in fase 1 ook als makkelijkst te begrijpen model gescoord. Vervolgens wordt op de tweede plek model 33 in vier van de vijf interviews gekozen. In fase 1 is dit met een gemiddelde score van 2,45 ook het tweede model (op de schaal van begrijpelijkheid) in de selectie van de modellen voor de interviews. Op plek drie en vier in de volgordelijkheid volgt vrijwel in alle interviews een afwisseling van model 21 en 24. Deze scores liggen in fase 1 ook zeer dicht bij elkaar, met een gemiddelde score van 3,10 en 2,80. Hiermee kan worden geconcludeerd dat de gemiddelde classificaties uit fase 1 relaties tonen met de scores in fase 2, weliswaar als men een volgordelijkheid aangeeft. Echter, In paragraaf 5.2 wordt ook de methode van het bepalen van de gemiddelde score besproken.

Wanneer de feedback per model op de volgordelijkheid wordt vergeleken met scores van de individuele metrieken, figuur 9, kan er worden geconcludeerd dat er overeenkomsten zijn met de classificatiescores uit fase 1. Hoewel de metrieken niet specifiek zijn geëvalueerd in de interviews, is wel uitgesproken waarom een procesmodel in een bepaalde volgorde is gelegd. Zo wordt voor model 21 door alle geïnterviewden aangekaart dat het aantal *Events* een van de voornaamste redenen is dat het model op plek vier wordt geplaatst (in de volgorde). Wanneer dit wordt vergeleken met de metriekscore, heeft dit model als enige een classificatiescore van 'zeer moeilijk' gescoord. In tabel 13 is per model gekeken naar de metrieken, waaruit wordt geconcludeerd dat de classificatiescores uit fase 1 per metriek veel overeenkomsten vertoont vergeleken met de interpretatie van de deelnemers, wat de classificatiescores voor de betreffende metrieken bevestigt en de classificaties valideert.

Als conclusie op de onderzoeksvraag kan er worden gesteld dat alle praktijkmodellen via het framework gemiddeld de classificaties 'zeer makkelijk-' tot 'gemiddeld te begrijpen' scores. Geen van de modellen heeft een classificatie van 'moeilijk-' tot 'zeer moeilijk te begrijpen'. Deze classificaties worden ook in de praktijk gevalideerd door de professionals en weerspiegelen de theoretische scores uit fase 1. Ook wanneer er naar de individuele metrieken wordt gekeken, kan worden geconcludeerd dat de theoretische scores overeenkomen met de evaluatie door de professionals, waarmee de classificaties in relatie tot het begrip 'begrijpelijkheid' als valide worden beschouwd.

## 5.2. Discussie - reflectie

Er is momenteel geen gevalideerde methode om een gemiddelde score te bepalen voor een procesmodel. Verder is er geen onderlinge rangschikking bepaald in de metrieken. In dit onderzoek is voor fase 2 besloten om een gemiddelde score te berekenen over alle metrieken, hoewel dit proces alleen is gehanteerd om een selectie van modellen op te stellen en deze selectie te toetsen in de praktijk. Echter, gemiddeldes zeggen pas iets als alle metrieken onafhankelijk zijn. Dat is in het BPMIMA-framework niet het geval, 4. *Den* is onderdeel van 2. *Size*. Toch is er voor dit onderzoek een onafhankelijke weging gebruikt. Op basis hiervan is geconcludeerd dat er overeenkomsten zijn tussen de theoretische score uit fase 1 en de beoordelingen uit fase 2. Echter, een gevalideerde methode voor een gemiddelde score zou helpen bij het rechtlijnig vergelijken van modellen met de praktijk versus de theorie.

Begrijpelijkheid blijft een subjectief begrip en is onderhevig aan de perceptie van de deelnemer. Voor een aantal deelnemers is 2. *Size* het meest van invloed, terwijl een andere deelnemer de nadruk legt op het gebruik van alleen de XOR-gateway in modelleren. Er wordt naast de structurele metrieken, ondanks het anonimiseren, ook gekeken naar kleur en het gebruik van duidelijke labels. Dit kan invloed hebben gehad op de resultaten en de validiteit van het onderzoek uit fase 2.

## 5.3. Aanbevelingen voor de praktijk

Eén van de aanbevelingen voor de praktijk is een duidelijke vertaling en uitleg van de classificatiescores. De mapping van drempelwaardes naar de begrippen 'zeer makkelijk', 'makkelijk', is subjectief en voor een ieder op een andere manier te interpreteren. Een gevalideerde mapping naar de classificatiescores zou het framework beter valideren, bijvoorbeeld door de mapping percentueel toe te passen. Dat zou betekenen dat er drempelwaardes zijn die percentueel de kans aangeven dat het model niet begrijpelijk is.

Minder onderscheid in classificaties is een gerelateerde aanbeveling. Het onderscheid in de classificaties is zinvol als er significante verschillen zitten in de betekenis van de classificaties. Is een model zeer makkelijk of makkelijk, is minder goed te onderscheiden dan een model die een classificatie heeft van gemiddeld naar makkelijk of moeilijk. Als een model of metriek namelijk de score 'zeer makkelijk' heeft, wordt het door de onderzoeker ook als 'makkelijk' beschouwd.

#### 5.4. Aanbevelingen voor verder onderzoek

Met de vergaarde gegevens vanuit dit onderzoek, dus de berekeningen van de metrieken van de praktijkmodellen en de input vanuit de deelnemers, kan een vergelijking worden gemaakt met de resultaten van de onderzoekers die een vergelijkbaar onderzoek hebben uitgevoerd. Zodoende is er meer data voor het valideren van de classificaties met betrekking tot begrijpelijkheid.

Tevens zou meer onderzoek in de onderlinge afhankelijkheid van de metrieken met praktijkmodellen helpen, om beter te kunnen valideren of modellen over het geheel begrijpelijk zijn. Een huidige score van 'zeer moeilijk' op het begrip 2. *Size*, wordt volledig teniet gedaan als de overige metrieken een 'zeer makkelijk' scoren, terwijl het gewicht van de metriek wellicht veel zwaarder weegt dan de metrieken waar 'zeer makkelijk' voor wordt gescoord.

## Referenties

- Abran, A. (n.d.). Software Process and Product Measurement. *Software Process and Product Measurement. International Conferences IWSM 2009 and Mensura 2009*.
- Bandara, W., & Gable, G. (2012). *A Formative Measurement Model Of Business Process Model Quality*.
- Barjis, J. (2008, 3 1). The importance of business process modeling in software systems design. *Science of Computer Programming*, 71(1), 73-87.
- Bera, P., Burton-Jones, A., & Wand, Y. (2014). How semantics and pragmatics interact in understanding conceptual models. *Information Systems Research*, 25(2), 401-419.
- Bolloju, N., & Leung, F. (2006). Assisting novice analysts in developing quality conceptual models with UML. *Communications of the ACM*.
- Cardoso, J. (2006). Process control-flow complexity metric: An empirical validation. *Proceedings - 2006 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2006*, (pp. 167-173).
- Chu, W., ACM Digital Library., & SIGAPP. (2011). *Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing*. ACM.
- Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. (2018, 1 1). A Guidelines framework for understandable BPMN models. *Data and Knowledge Engineering*, 113, 129-154.
- de Meyer, P., & Claes, J. (2018). An overview of process model quality literature. 1-31.
- Dikici, A., Turetken, O., & Demirors, O. (2018, 1 1). Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 93, 112-129. Elsevier B.V.
- Figl, K. (2017). Comprehension of Procedural Visual Business Process Models: A Literature Review. *Business and Information Systems Engineering*, 59(1), 41-67.
- Heidari, F., & Loucopoulos, P. (2014). Quality evaluation framework (QEF): Modeling and evaluating quality of business processes. *International Journal of Accounting Information Systems*, 15(3), 193-223.
- Krogstie, J., Sindre, G., & Jørgensen, H. (2006, 2). Process models representing knowledge for action: A revised quality framework. *European Journal of Information Systems*, 15(1), 91-102.
- Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A. (1994). Understanding quality in conceptual modeling. *IEEE Software*.
- Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A. (1994). Understanding understandability of conceptual models – what are we actually talking about. *IEEE Software*.
- Lindsay, A., Downs, D., & Lunn, K. (2003). Business processes - Attempts to find a definition. *Information and Software Technology*, 45, pp. 1015-1019.
- Luo, W., & Tung, Y. (1999). A framework for selecting business process modeling methods. *Industrial Management and Data Systems*, 99(7), 312-319.

- Marcos, M., Torres-Sospedra, J., & Martínez-Salvador, B. (2014). Assessment of clinical guideline models based on metrics for business process models. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8903, pp. 111-120. Springer Verlag.
- Mendling, J., Recker, J., Reijers, H., & Leopold, H. (2019, 10 1). An Empirical Review of the Connection Between Model Viewer Characteristics and the Comprehension of Conceptual Process Models. *Information Systems Frontiers*, 21(5), 1111-1135.
- Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J. (2007). What makes process models understandable? *Business Process Management*.
- Mendling, J., Reijers, H., & van der Aalst, W. (2010, 2). Seven process modeling guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*, 52(2), 127-136.
- Mendling, J., Sánchez-González, L., García, F., & La Rosa, M. (2012). Thresholds for error probability measures of business process models. *Journal of Systems and Software*, 85(5), 1188-1197.
- Moreno-Montes de Oca, I., Clara, V., & Snoeck, M. (2014). *Pragmatic guidelines for Business Process Modeling Pragmatic guidelines for Business Process Modeling Technical Report*.
- Moreno-Montes De Oca, I., Snoeck, M., Reijers, H., & Rodríguez-Morffi, A. (2015, 2 1). A systematic literature review of studies on business process modeling quality. *Information and Software Technology*, 58, 187-205. Elsevier.
- Nederlandse gedragscode wetenschappelijke integriteit. (n.d.).
- Pinggera, J., Soffer, P., Fahland, D., Weidlich, M., Zugal, S., Weber, B., . . . Mendling, J. (2015, 7 7). Styles in business process modeling: an exploration and a model. *Software and Systems Modeling*, 14(3), 1055-1080.
- Poels, G., Maes, A., Gailly, F., & Paemeleire, R. (2011, 1). The pragmatic quality of Resources-Events-Agents diagrams: An experimental evaluation. *Information Systems Journal*, 21(1), 63-89.
- Reijers, H., & Mendling, J. (n.d.). *A Study into the Factors that Influence the Understandability of Business Process Models*.
- Rosemann, M. (2006). Potential pitfalls of process modeling: Part A. *Business Process Management Journal*, 12(2), 249-254.
- Sánchez-González, L., García, F., & Ruiz, F. (2011, 3 1). Towards Thresholds of Control Flow Complexity Measures for BPMN models. *ACM Symposium on Applied Computing*, 71(1).
- Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F. (2010). Quality assessment of business process models based on thresholds. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6426 LNCS(PART 1), 78-95.
- Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Mendling, J. (n.d.). *Quality Indicators for Business Process Models from a Gateway Complexity Perspective*.
- Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M. (2017, 7 1). A case study about the improvement of business process models driven by indicators. *Software and Systems Modeling*, 16(3), 759-788.

- Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M. (2011). Business Process Model Improvement based on Measurement Activities. *ENASE*.
- Saunders, M. L. (2016). *Research methods for business students: 7. ed. Harlow u.a: Pearson*.
- Turetken, O., Rompen, T., Vanderfeesten, I., Dikici, A., & van Moll, J. (2016). The Effect of Modularity Representation and Presentation Medium on the Understandability of Business Process Models in BPMN. *Proceedings. Business Process Management: 14th International Conference, BPM 2016*.
- Verschuren, P., & Doorewaard, H. (2007). *Designing a Research Project*.
- Westerkamp, K. &. (2008). *Deskresearch. Informatie selecteren, beoordelen en verwerken*.
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *International conference on evaluation and assessment in software engineering*.



## Bijlage 1

Deze bijlage toont een uitgebreider overzicht van de zoekresultaten van onderzoeksvraag R2, gecombineerd met de concepten voor het opstellen van de zoekquery.

R1. Wat wordt bedoeld met pragmatische kwaliteit als het gaat om procesmodellen en hoe wordt het gemeten?

Vraag:	R1. Wat wordt bedoeld met <b>pragmatische kwaliteit</b> als het gaat om <b>procesmodellen</b> en hoe wordt het gemeten?				
	Concept 1		Concept 2		Concept 3
	Pragmatische / pragmatic	EN	Kwaliteit / quality	EN	Procesmodellen / Business Process Model
	OF		OF		OF
Synoniemen / Alternatieve termen	-		-		Process Flow Diagram Process scheme Conceptual model

Tabel 1-1: Query voor onderzoeksvraag 1.

De resultaten van de zoekopdracht zijn weergegeven in tabellen. De zoekresultaten zijn tot stand gekomen aan de hand van de query die is uitgevoerd uit tabel 1-1. In de eerste kolom van tabel 1-2 is het unieke nummer van het artikel opgenomen. In de tweede kolom is de Titel van het artikel opgenomen en de oorsprong van het artikel. In de derde kolom staat de achternaam van de eerst genoemde auteur van het artikel. Kolom vier geeft het jaar aan waarin het artikel is gepubliceerd. Kolom vijf geeft aan (Ja/Nee) of het artikel is relevant lijkt. Indien het artikel behouden is wordt het in de zesde kolom aangegeven. Kolom zeven geeft aan of het resultaat peer reviewed is en kolom 8 geeft de bron aan waar het resultaat is gevonden. Als laatste wordt er een toelichting getoond bij het gevonden resultaat.

NR	Titel	Auteur	Jaar	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Bron	Toelichting
1.	Seven process modeling guidelines (7PMG). Information and Software Technology, 52(2), 127-136.	Mendling, J., Reijers, H. A., & van der Aalst, W. M.	2010	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 2.9. Relateert aan pragmatische kwaliteit in de context van meerdere begrippen. Geeft richtlijnen voor procesmodellering voor bruikbaarheid, maar ook andere factoren van kwaliteitsdimensies.
2.	A systematic literature review of studies on business process modeling quality. Information and Software Technology, 58, 187-205	Moreno-Montes de Oca, I., Snoeck, M., Reijers, H. A., & Rodríguez-Morffí, A.	2015	Ja	Ja	Ja	OU	IF 2.9. Relateert aan pragmatische kwaliteit op basis van bestaande literatuur, gecombineerd met literatuur voor andere kwaliteitsdimensies.
3.	Styles in business process modeling: An exploration and a model. Software & Systems Modeling, 14(3), 1055-1080.	Pinggera, J., Soffer, P., Fahland, D., Weidlich, M., Zugal, S., Weber, B., Mendling, J.	2015	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 2.7. Geeft een definitie van het begrip pragmatische kwaliteit, en relateert aan het proces van modelleren.

NR	Titel	Auteur	Jaar	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Bron	Toelichting
4.	The pragmatic quality of resources- Events-Agents diagrams: An experimental evaluation. Information Systems Journal, 21(1)	Poels, G., Maes, A., Gailly, F., & Paemeleire, R.	2011	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 3.3. Definitie van het begrip, maar valt niet binnen de categorie van procesmodellen.
5.	An empirical review of the connection between model viewer characteristics and the comprehension of conceptual process models. Information Systems Frontiers, 21(5), 1111-1135.	Mendling, J., Recker, J., Reijers, H. A., & Leopold, H.	2019	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 2.5. Echter, onderzoek naar Model Viewers gecorreleerd aan kwaliteit van modellen.
6.	Understanding quality in conceptual modeling. IEEE Software, 11(2), 42-49.	Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A.	1994	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 2.9. Definitie van het begrip haalbare begrijpelijkheid, onderverdeeld in eigenschappen.
7.	A case study about the improvement of business process models driven by indicators. Software & Systems Modeling, 16(3), 759-788.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M.	2017	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 2.7, focus ligt hierbij op verbeteren van modellen. Hierbij worden indicatoren voor begrijpelijkheid gegeven.
8.	Pragmatic guidelines for business process modeling.	Moreno-Montes de Oca, I., & Snoeck, M.	2014	Nee	Nee	Nee	GS	Geeft pragmatische richtlijnen voor het opstellen van modellen, maar gaat niet in op de betekenis.
9.	The importance of business process modeling in software systems design. Science of Computer Programming, 71(1), 73-87.	Barjis, J.	2008	Ja	Nee	Ja	GS	IF 1.0. Focus zich op verificatie en automatische analyse via simulering.
10.	Guidelines of business process modeling. Business Process Management, 1806, 30-49.	Becker, J., Rosemann, M., & Von Uthmann, C.	2000	Ja	Nee	Ja	GS	Boekverslag. Voldoet daarmee niet aan de criteria uit tabel 2.
11.	Business Process Model Improvement based on Measurement Activities. In ENASE (pp. 104-113).	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M.	2011	Ja	Ja	Ja	GS	Conferentieverslag rank B. Focus ligt hierbij op verbeteren van modellen. Hierbij worden indicatoren voor begrijpelijkheid gegeven.
12.	Understanding understandability of conceptual models – what are we actually talking about? (pp. 64-77) Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg	Houy, C., Fettke, P., & Loos, P.	2012	Nee	Nee	Ja	OU	Conferentieverslag rank A. Framework van het begrip begrijpelijkheid, als een van de speerpunten van pragmatische kwaliteit. Maar gaat voornamelijk over conceptueel modelleren.
13.	What makes process models understandable? (pp. 48-63). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.	Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J.	2007	Ja	Ja	Ja	OU	Conferentieverslag rank A. Focus op begrijpelijkheid als enabler van pragmatische kwaliteit
14.	Process models representing knowledge for action: a revised quality framework. European Journal of Information Systems, 15(1), 91-102.	Krogstie, J., Sindre, G., & Jørgensen, H.	2006	Ja	Nee	Ja	OU	IF: 2.6. Framework met pragmatische kwaliteit als basis, gevormd met syntax en semantische kwaliteit van modellen. Hint meer naar het sociale aspect van

NR	Titel	Auteur	Jaar	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Bron	Toelichting
								pragmatische kwaliteit.
15.	Potential pitfalls of process modeling: part A. Business Process Management Journal, 12(2), 249-254.	Rosemann, M. (2006)	2006	Nee	Nee	Ja	GS	IF: 1.9. Gaat voornamelijk in op potentiële valkuilen van het modelleren, en niet in op de verschillende kwaliteitsdimensies.
16.	How semantics and pragmatics interact in understanding conceptual models. Information Systems Research, 25(2), 401-419.	Bera, P., Burton-Jones, A., & Wand, Y.	2014	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 2.5. Bevindt zich in een iets ander gebied dan procesmodellen. Is bestudeerd omdat het ingaat op begrijpelijkheid in relatie tot semantiek en pragmatiek van conceptuele modellen. Focus vooral op sociaal aspect (kennis).
17.	Assisting novice analysts in developing quality conceptual models with UML. , 49(7), 108-112.	Bolloju, N., & Leung, F.	2006	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 5.4, zit in een ander domein van modellen. Gaat daarnaast over fouten 'errors' aangaande de kwaliteitsdimensies in de verschillende UML modelleertechnieken.
18.	Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. Information and Software Technology, 93	Dikici, A., Turetken, O., & Demirsors, O. (2018).	2018	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 2.9. Literatuurreview van het begrip begrijpelijkheid. Geeft een overzicht van alle modelfactoren gerelateerd aan begrijpelijkheid.
19.	A study into the factors that influence the understandability of business process models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 41(3), 449-462.	Reijers, H., & Mendling, J.	2011	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 1.3. Geeft een overzicht van modelfactoren gerelateerd aan begrijpelijkheid, waarbij voornamelijk structural complexity van toepassing is voor de onderzoeksvraag.
20.	A guidelines framework for understandable BPMN models. Data & Knowledge Engineering, 113, 129-154.	Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. O.	2018	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 1.6. Framework van 50 richtlijnen voor procesmodellen gecombineerd met drempelwaarden.

Tabel 1-2: De resultaten onderzoeksvraag R1.

## Bijlage 2

Deze bijlage toont een uitgebreider overzicht van de zoekresultaten van onderzoeksvraag R2, gecombineerd met de concepten voor het opstellen van de zoekquery.

R2. Welke classificatie frameworks zijn gericht op het meten van pragmatische kwaliteit en is het BPMIMA-framework het meest relevant?

Vraag:	R2. Welke (andere) <b>classificatie frameworks</b> zijn er gericht op het <b>meten</b> van <b>pragmatische kwaliteit</b> van <b>procesmodellen</b> en is het BPMIMA-framework het meest relevant?						
	Concept 1		Concept 2		Concept 3		Concept 4
	Classificatie frameworks / classification frameworks	EN	Meten / measure	EN	Pragmatische Kwaliteit / Pragmatic quality	EN	Procesmodellen / (Business) Process Model
	OF		OF		OF		OF
Synoniemen / Alternatieve termen	-		-		-		Process Flow Diagram Process scheme Conceptual model

Tabel 2-1: Query voor onderzoeksvraag 1.

De resultaten van de zoekopdracht zijn weergegeven in tabellen. De zoekresultaten zijn tot stand gekomen aan de hand van de query die is uitgevoerd uit tabel 2-1. In de eerste kolom van tabel 2-2 is het unieke nummer van het artikel opgenomen. In de tweede kolom is de Titel van het artikel opgenomen en de oorsprong van het artikel. In de derde kolom staat de achternaam van de eerst genoemde auteur van het artikel. Kolom vier geeft het jaar aan waarin het artikel is gepubliceerd. Kolom vijf geeft aan (Ja/Nee) of het artikel is relevant lijkt. Indien het artikel behouden is wordt het in de zesde kolom aangegeven. Kolom zeven geeft aan of het resultaat peer reviewed is en kolom 8 geeft de bron aan waar het resultaat is gevonden. Als laatste wordt er een toelichting getoond bij het gevonden resultaat.

NR	Titel	Auteur	Jaar	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Bron	Toelichting
1.	Quality evaluation framework (QEF): Modeling and evaluating quality of business processes. International Journal of Accounting Information Systems, 15(3), 193-223.	Heidari, F., & Loucopoulos, P.	2014	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 1.5 Focus zich echter voornamelijk op het modelleren en evalueren van business processen via een procesmodel. Tevens taalafhankelijk, waardoor minder geschikt voor metrieke vanuit R1.
2.	Empirical extension of a classification framework for addressing consistency in model based development. Information and Software Technology, 53(3), 214-229.	Kuzniarz, L., Angelis, L., Sektionen för datavetenskap och kommunikation, & Blekinge Tekniska Högskola.	2011	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 2.9, MDC-F framework met pragmatische validatie, gaat echter niet over de kwaliteit van procesmodellen.
3.	A framework for reviewing domain specific conceptual models. Computer Standards & Interfaces, 33(5), 448-464.	Tanriöver, Ö. Ö., & Bilgen, S.	2011	Nee	Nee	Ja	OU	IF: 2.4, focus voornamelijk op semantisch, specifiek voor de taal KAMA.

NR	Titel	Auteur	Jaar	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Bron	Toelichting
4.	Evaluating the quality of process models: Empirical testing of a quality framework. Conceptual Modeling - Er 2002, 2503, 380-396.	Moody, D., Sindre, G., Brasethvik, T., & Solvberg, A.	2002	Ja	Nee	Ja	GS	Conferentieverlag rank A. Focust zich voornamelijk op het evalueren van conceptuele modellen, taalafhankelijk.
5.	What makes process models understandable? (pp. 48-63). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.	Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J.	2007	Ja	Ja	Ja	GS	Conferentieverlag rank A. Volledig onderzoek op pragmatiek waarin meerdere frameworks worden benoemd.
6.	Dominant processes concept, model simplification and classification framework in catchment hydrology. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 22(6), 737-748.	Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A.	1994	Nee	Nee	Ja	GS	Andere sector, voornamelijk hydrologie.
7.	Understanding quality in conceptual modeling. IEEE Software, 11(2), 42-49.	Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A.	1994	Ja	Nee	Ja	OU	IF: 2.9. Framework waarin ook pragmatische kwaliteit wordt onderworpen. Wordt echter in een revised versie beoordeeld via resultaat nummer 16.
8.	A guidelines framework for understandable BPMN models. Data & Knowledge Engineering, 113, 129-154.	Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. O.	2018	Ja	Ja	Ja	OU	IF: 1.6. Framework van 50 richtlijnen voor procesmodellen gecombineerd met drempelwaarden.

Tabel 2-2: De resultaten onderzoeksvraag R1.

Vanwege het geringe aantal resultaten is via de snowball-methode, gecombineerd met aangereikte literatuur, is verder gezocht naar literatuur. De resultaten hiervan worden getoond in tabel 2-3.

NR	Literatuur begin	NR	Resultaat	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Toelichting
9.	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M. (2011) Business Process Model Improvement based on Measurement Activities. In ENASE (pp. 104-113). (aangereikte literatuur)	10.	Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Cardoso, J. (2011). Towards thresholds of control flow complexity measures for BPMN models.	Ja	Ja	Ja	Conferentieverlag rank B. Focust zich op Control flow complexity, een modelindicator van BPMN modellen en reeds gevonden in onderzoeksvraag R1.
11.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Mendling, J. (2012). Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective. Information and Software Technology, 54(11), 1159-1174. (aangereikte literatuur)	12.	Mendling, J., & Strembeck, M. (2008, May). Influence factors of understanding business process models. In International Conference on Business Information Systems (pp. 142-153). Springer, Berlin, Heidelberg.	Ja	Nee	Ja	Conferentieverlag rank B. Voornamelijk gerelateerd aan factoren die van invloed zijn op begrijpelijkheid. Maar voorziet uiteindelijk niet in de relatie naar het meten van kwaliteit.
13.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M. (2017). A case study about the improvement of business process models driven by indicators. Software &	14.	Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F. (2010). Quality assessment of business process models based on thresholds. (pp. 78-95). Berlin, Heidelberg:	Ja	Ja	Ja	Conferentieboekverslag. Geeft inzicht in modelfactoren gerelateerd aan begrijpelijkheid en aanpasbaarheid. Toont classificaties en drempelwaarden.

NR	Literatuur begin	NR	Resultaat	Relevant	Behouden	Peer reviewed	Toelichting
	Systems Modeling, 16(3), 759-788.. (aangereikte literatuur)  Behouden <b>IF: 2.7</b>		Springer Berlin Heidelberg.				
15.	De Meyer, P., & Claes, J. (2018). An overview of process model quality literature-The Comprehensive Process Model Quality Framework. (aangereikte literatuur)  Behouden <b>IF: 2.5</b>	16.	Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., & Piattini, M. (2013). Toward a quality framework for business process models. International Journal of Cooperative Information Systems	Ja	Nee	Ja	IF: 0.8. Voldoet bij nader onderzoek niet aan het criterium van minimale IF waarde.
17.	Mendling, J., Sánchez-González, L., García, F., & La Rosa, M. (2012). Thresholds for error probability measures of business process models. Journal of Systems and Software, 85(5), 1188-1197. (aangereikte literatuur)  Behouden <b>IF: 2.5</b>	18.	Krogstie, J., Sindre, G., & Jørgensen, H. (2006). Process models representing knowledge for action: a revised quality framework. European Journal of Information Systems, 15(1), 91-102.	Ja	Ja	Ja	IF: 2.6. Reeds gevonden bij zoekopdracht R1. Framework met pragmatische kwaliteit als basis, gevormd met syntax en semantische kwaliteit van modellen. Hint meer naar het sociale aspect van pragmatische kwaliteit.

Tabel 2-3: Resultaten sneeuwbalmethode zoeken voor onderzoeksvraag R2

### Bijlage 3

De verzamelde metrieken met betrekking tot de pragmatische kwaliteit worden in tabel 3-1 nader toegelicht. Tevens wordt de bijbehorende formule uitgelicht voor het berekenen van de metriek. De omschrijving is in het Engels, omdat het vertalen naar het Nederlands verwarrende omschrijvingen geeft.

Indicator	Omschrijving en formule
1. CFC	<p>Control flow complexity. Sum over all gateways weighted by their potential combinations of states after the split (Sánchez-González, Ruiz, García, &amp; Piattini, 2011).</p> $CFC(P) = \sum_{i \in \{XOR-splits\ of\ P\}} CFC_{XOR-split}(i) + \sum_{j \in \{OR-splits\ of\ P\}} CFC_{OR-split}(j) + \sum_{k \in \{AND-splits\ of\ P\}} CFC_{AND-split}(k)$ <p>Separate formulas (Cardoso, 2006):</p> $CFC_{OR-split}(a) = 2^{fan-out(a)} - 1$ $CFC_{XOR-split}(a) = fan-out(a)$ $CFC_{AND-split}(a) = 1$
2. Size	Sum of the number of activities, events, data objects and routing elements in a process model (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
3. AGD	<p>Average gateway degree is a measure to express the average number of both incoming and outgoing arcs of the gateway nodes in the model (Sánchez-González, García, Ruiz, &amp; Mendling).</p> $AGD = \frac{1}{ C } \sum_{c \in C} d(c)$
4. DENSITY	<p>Density relates to the ratio of the total number of arcs in a process model to the theoretically maximum number of arcs (Reijers &amp; Mendling).</p> <p>Formula (Marcos, Torres-Sospedra, &amp; Martínez-Salvador, 2014):</p> $\Delta(G) = \frac{ A }{ N  \cdot ( N  - 1)}$
5. TNSF	Total Number of arcs in a model (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
6. TNE	Total Number of events in a model (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
7. TNG	Describes the total number of gateways including all gateway types; Exclusive, Inclusive, Parallel and Event (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling)
8. NSFE	Number of sequence flows from events (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
9. NMF	Counts the number of message flows (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)

10. NSFG	Counts the number of sequence flows from gateways (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
11. CLP	Connectivity level between participants (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)  Number of message flows between the number of pools (Abran)
12. NDOOUT	Number of data objects which are outputs of activities (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
13. NDOIn	Number of data objects which are inputs of activities (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)
14. Sequentiality	Degree to which the model is constructed from pure sequences of tasks (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2011)  The sequentiality ratio is the number of arcs between none-connector nodes divided by the number of arcs (Corradini, et al., 2018)
15. Token Splits	It captures the maximum number of paths in a process model that may be concurrently activate due to AND-splits and OR-splits; it sums up the output-degree of AND-joins and OR-joins minus one (Corradini, et al., 2018)
16. MGD	Maximum Gateway Degree. It is the maximum sum of incoming and outgoing arcs of these gateway nodes (Corradini, et al., 2018)
17. Depth	The maximum nesting of structured blocks in a process model (Corradini, et al., 2018)
18. Connectivity coefficient	It is the ratio of the total number of arcs in a process model to the total number of its Nodes (Corradini, et al., 2018)
19. Gateway mismatch	Is the sum of gateway pairs that do not match with each other, for example, when an AND-split is followed by an OR-join (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling).  Formula (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling) : $GM = GM_{XOR} + GM_{OR} + GM_{AND} \text{ where}$ $GM_i = \left  \sum_{c \in S_i} outdegree(c) - \sum_{c \in J_i} indegree(c) \right $
20. Gateway Heterogeneity	Sum of number of AND/XOR/OR where Number of And gateways / total number of gateways multiplied log the same number (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling).  Formula (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling): $GH(P) = - \sum_{t \in \{AND, XOR, OR\}} \frac{Ct}{C} * \log_3 \frac{Ct}{C}$ <p>Where Ct is total number of a specific type of decision node, and C total number of decision nodes</p>

Tabel 3-1: De modelfactoren toegelicht aan de hand van omschrijving en/of voorbeeld.



## Bijlage 4

In deze bijlage wordt de onderzoeksmethode van het onderzoek uitgebreider toegelicht. Zoals in hoofdstuk 3 omschreven, bestaat het onderzoek uit twee fases. Hieronder zullen nogmaals de verschillende fases worden beschreven. Vervolgens wordt per fase een uitgebreide toelichting gegeven op de keuze en worden alternatieven besproken.

Allereerst wordt de keuze voor een **mixed-methods** onderzoek besproken. Een mixed methods onderzoek geeft de mogelijkheid om kwantitatieve en kwalitatieve datacollecties en analyses toe te passen (Saunders, 2016). Dit onderzoek bestaat uit twee fases met eigen kenmerken en deze vorm van onderzoek past daarom goed in deze vorm van onderzoek. Fase 1 van het onderzoek gaat om het verzamelen van praktijkmodellen en deze middels de theorie te toetsen op begrijpelijkheid via het BPMIMA-framework. In fase 2 worden de bestaande procesmodellen geëvalueerd met professionals. Hierdoor is gekozen voor een **sequential mixed methods** onderzoek. Dit onderzoek bevat meer dan één fase van datacollectie en analyse (Saunders, 2016). In dit design, volgt de onderzoeker het gebruik van de ene methode met de andere om de bevindingen uit de eerste fase uit te breiden (Saunders, 2016).

**Fase 1:** Bestaande procesmodellen uit de praktijk worden gebruikt om de pragmatische kwaliteit te bepalen volgens het theoretische classificatieframework in tabel 9 (subvraag R3 uit de opdrachtformulering).

### Strategie

Als strategie van onderzoek worden *experiment, survey, archief en documentenonderzoek, case study, etnografie, actie onderzoek, grounded theory en verhalend onderzoek* onderkend om de onderzoeksvraag te beantwoorden (Saunders et al., 2016).

Een *experiment* als strategie heeft als doel de kans van een verandering in een onafhankelijke variabele en een afhankelijke variabele te analyseren (Saunders, 2016). Dit gebeurt meestal in de vorm van voorspellingen en het opstellen van hypothesen (Saunders, 2016). Deze strategie zal niet worden gekozen voor fase 1, omdat er geen relaties worden gezocht tussen variabelen. Een *survey* strategie maakt het mogelijk om kwantitatieve data te analyseren door het gebruik van statistieken (Saunders, 2016). Hiermee is het voor de onderzoeker mogelijk om data van de procesmodellen statistisch te analyseren om relaties te vinden. Bij een **survey** strategie kiest de onderzoeker duidelijk voor breedte en generalisatie, eerder dan voor diepgang en specificiteit (Verschuren, P., & Doorewaard, 2007). Hiermee kunnen ook modellen uit meerdere organisaties worden geanalyseerd. De strategie past hierdoor goed in fase 1. Een *archief en documentenonderzoek* zou als strategie niet passen, omdat dit enkel analyse is van archief en documenten, terwijl er ook praktijkmodellen worden opgevraagd. Een *case study* lijkt ook een goede strategie voor fase 1. Hierbij vindt er diepgaand onderzoek plaats op basis van een klein aantal onderzoekseenheden naar een topic of fenomeen in zijn werkelijke omgeving (Saunders et al., 2016). Tevens heeft een *case study* het vermogen om inzichten te generen door intensieve en diepgaand onderzoek van een fenomeen in zijn dagelijkse context, wat leidt tot empirische beschrijvingen en de ontwikkeling van theorieën (Saunders, 2016). Echter, via het netwerk van de onderzoeker worden praktijkmodellen gevraagd en in dit geval worden er mogelijk uit meerdere organisaties modellen geanalyseerd. Hiermee kan er uiteindelijk worden geconcludeerd dat een *case study* niet goed past voor fase 1. *Etnografie* wordt gebruikt om de cultuur van een groep of sociale wereld te bestuderen en past hiermee niet bij het doel van fase 1. *Actie onderzoek* is bedoeld om oplossingen voor reële organisatorische problemen te onderzoeken (Saunders et al., 2016). Het doel van deze strategie is voornamelijk organisatorisch, waardoor het ook ongeschikt is als strategie voor fase 1 van het onderzoek. *Grounded theory* wordt

gebruik om theoretische beschrijvingen van sociale interacties in brede context te ontwikkelen (Saunders et al., 2016). Hoewel het veel gebruikt wordt in kwalitatief onderzoek, is het niet geschikt voor deze fase van het onderzoek, omdat het een constant proces is van verzamelen van data, het analyseren en coderen waaruit een *Grounded theory* ontstaat. *Verhalend onderzoek* interpreteert een event of een aantal events en is bedoeld om gericht persoonlijke interpretatie van een (serie) gebeurtenissen te onderzoeken (Saunders et al., 2016). Hiermee wordt deze strategie ook niet gehanteerd voor fase 1.

### **Datacollectie**

De collectie van data met betrekking tot de survey wordt gedaan via het netwerk van de onderzoeker. Normaliter zou er in een survey gebruik kunnen worden gemaakt van bijvoorbeeld een vragenlijst, met gestandaardiseerde data. Voor fase 1 is de collectie van data wat complexer, omdat het initieel gaat om het verzamelen van procesmodellen. Deze modellen worden vervolgens getoetst in een theoretisch classificatieframework. Er wordt daarmee duidelijk kwantitatieve data gegenereerd voor de gegevensanalyse. De uiteindelijke classificatiescores worden nominaal benaderd, gezien classificatiescores worden opgedeeld in begrijpelijkheidscores. Echter, de stringdata wordt omgezet in numerieke variabelen. 'Zeer makkelijk te begrijpen' wordt bijvoorbeeld omgezet in '1'.

### **Gegevensanalyse**

Voor de analyse van de data wordt voornamelijk gebruik gemaakt van beschrijvende statistieken. Zo worden er gemiddeldes berekend van de modellen en de metrieken. Tevens worden de standaarddeviaties en mediaan geanalyseerd, om conclusies te kunnen trekken met betrekking tot de classificaties.

**Fase 2:** De theoretische classificatie van de procesmodellen worden vervolgens geëvalueerd en getoetst met professionals, om te bepalen in welke mate professionals de classificaties uit het gekozen framework valideren (subvraag R4 uit de opdrachtformulering).

### **Strategie**

Een *experiment* en *enquête* zijn voornamelijk gelinkt aan kwantitatief onderzoek (Saunders et al., 2016). Met betrekking tot fase 2 van het onderzoek, waar interviews worden gehouden en er via deelnemers wordt gekeken in welke mate zij het eens zijn met de classificaties uit fase 1, is de keuze gemaakt om deze strategie niet te hanteren. Een *archief en documentenonderzoek* zou als strategie niet passen, omdat dit enkel analyse is van archief en documenten. In fase 2 is het juist de bedoeling om modellen te evalueren met professionals, waardoor deze strategie niet past. In een *case study* kiest de onderzoeker vaak voor intensievere face-to-face interviews bestaande uit open vragen of onderwerpen (Verschuren, P., & Doorewaard, 2007). De onderzoeker wil bij de interviews ook om toelichting kunnen vragen of kunnen afwijken van het protocol. Hiermee blijft het onderzoek ook geschikt voor kwalitatieve analyses. Tevens is een kenmerk van de *case study* dat de focus eerder op diepte ligt en niet op de breedte, zoals bij een *survey* (Verschuren, P., & Doorewaard, 2007). Zodoende is een **case study** de juiste strategie voor fase 2. *Etnografie* wordt gebruikt om de cultuur van een groep of sociale wereld te bestuderen en past hiermee ook niet bij fase 2. *Actie onderzoek* is bedoeld om oplossingen voor reële organisatorische problemen te onderzoeken (Saunders et al., 2016). Het doel van deze strategie is voornamelijk organisatorisch, waardoor het ongeschikt is voor dit onderzoek. *Grounded theory* wordt gebruikt om theoretische beschrijvingen van sociale interacties in brede context te ontwikkelen (Saunders et al., 2016). Hoewel het veel gebruikt wordt in kwalitatief onderzoek, is het niet geschikt voor dit onderzoek omdat het een constant proces is van verzamelen van data, het analyseren en coderen waaruit een *Grounded theory* ontstaat.

Verhalend onderzoek interpreteert een event of een aantal events en is bedoeld om gericht persoonlijke interpretatie van een (serie) gebeurtenissen te onderzoeken (Saunders et al., 2016). Hiermee is ook niet geschikt voor fase 2.

De keuze voor de strategie in fase 2 is dus een *case study*. Bij case studies wordt onderscheid gemaakt op basis van twee afzonderlijke dimensies: enkelvoudige casus versus meervoudige casussen en **holistische** casus versus ingebedde casus (Yin, 2014). Voor de 2<sup>e</sup> fase wordt geen onderscheidt gemaakt tussen verschillende subeenheden en analyseert het sociale fenomeen als geheel. Een **enkelvoudige** casus wordt vaak gebruikt wanneer het een kritische of unieke casus betreft en is hiermee geschikt voor gebruik van het onderzoek in fase 2. Meervoudige casussen worden gebruikt wanneer wordt gefocust op het repliceren van bevindingen in andere casussen.

Qua *tijdshorizon* kan gekozen worden tussen een cross-sectioneel of een longitudinaal onderzoek (Saunders et al., 2016). Bij een **cross-sectioneel** onderzoek wordt data verzameld voor meer dan een geval op een moment. Een longitudinaal onderzoek doet onderzoek over een lange periode en meerdere meetmomenten. In dit onderzoek is hierdoor gekozen voor een cross-sectioneel onderzoek, omdat het onderzoek aan tijd is gebonden. Wel zijn er meerdere studenten die een soortgelijk onderzoek uitvoeren, waarbij het de bedoeling is om de resultaten samen te voegen.

### **Datacollectie**


Om de onderzoeksvraag in fase 2 te beantwoorden, is gekozen voor het gebruik van **semigestructureerde interviews**. In semigestructureerde interviews heeft de onderzoeker een lijst van thema's en een aantal standaard vragen, maar mag hiervan worden afgeweken (Saunders, 2016). De onderzoeker acht het relevant om in te kunnen zoomen op mogelijke antwoorden als het gaat om het begrip begrijpelijkheid, of om toelichting te kunnen vragen. Het begrip 'begripelijkheid' is subjectief en hierdoor is een kwalitatieve benadering belangrijk voor de onderzoeker. Dit is dan ook de redenatie om geen gebruik te maken van een gestructureerd interview. Gestructureerde interviews maken gebruik van een vaste lijst van vragen, die op precies dezelfde manier gesteld dienen te worden als dat ze zijn opgeschreven, met dezelfde intonatie om bias te voorkomen (Saunders, 2016). Ongestructureerde interviews zijn informeel en worden gebruikt om diepgaand analyse te doen in een generieke omgeving waar men in geïnteresseerd is (Saunders, 2016). Omdat de onderzoeker gebruik wil maken van structuur in het interview om analyses te kunnen opstellen, valt deze vorm van interviewen af.

### **Gegevensanalyse**

Door het gebruik van semigestructureerde interviews, wordt ook de benadering van de analyse van de data onderzocht. In het eerste gedeelte van het interview wordt gevraagd een volgorde van procesmodellen op te stellen met betrekking tot begrijpelijkheid. Deze data wordt kwantitatief geanalyseerd, omdat het gebaseerd is op numerieke en gestandaardiseerde data. Tegelijkertijd wordt ook om toelichting gevraagd bij het op volgorde leggen van de modellen, wat kwalitatief zal worden geanalyseerd. Hierbij is het de opzet op een cross-analyse op te stellen, ook wel een data matrix genoemd, om antwoorden van de deelnemers te vergelijken met de vergaarde gegevens uit fase 1. Voor de overige vragen wordt een soortgelijke aanpak gehanteerd, maar wordt een meer algemene benadering gekozen en geprobeerd de data te categoriseren. Hiermee wordt geprobeerd een conclusie te trekken met betrekking tot de onderzoeksvraag.

## Bijlage 5

In deze bijlage wordt toegelicht hoe de verzameling van de procesmodellen is gedaan. Er zijn drie verschillende vormen van oproepen gedaan om modellen te verzamelen. Initieel is binnen het netwerk van de onderzoeker, zowel zakelijk als privé, telefonisch contact gezocht met personen die mogelijk kunnen bezitten over procesmodellen. Via deze contactpoging zijn uiteindelijk 52 modellen opgeleverd, waarvan er 32 niet voldeden aan de randvoorwaarden. De voorwaarden werden wel aangegeven in de gesprekken. Echter, het bleek uit de oplevering dat niet iedereen exact wist wat de syntax van BPMN is. Hierdoor heeft de onderzoeker de filtering gedaan uit de opleveringen. Uiteindelijk zijn er met deze contactpoging 20 modellen verzameld die voldeden aan de randvoorwaarden.



**Floyd de Beauvesier Watson**  
Implementatie Consultant bij Di-VIGOR Consulting

Gevraagd/gezocht: (anonieme) Procesmodellen specifiek in de taal BPMN.

Hoi allemaal,

Voor mijn masterscriptie ben ik op zoek naar procesmodellen specifiek gemodelleerd in de taal BPMN (zie afbeelding voor een vb). Doel van het onderzoek is het meten van de begrijpelijkheid van deze procesmodellen. De procesmodellen worden geanonimiseerd en zijn dus niet te herleiden. Ik meet bijvoorbeeld het aantal elementen, gateways en sequence flows in een procesmodel en of/wanneer dat de begrijpelijkheid van het model beïnvloed.

Mocht je over BPMN-modellen beschikken of heb je tips en je wilt ze delen, dan wordt dat heel erg gewaardeerd :).

Dankjewel!

```

graph LR
    Start([start event]) --> Register[register]
    Register --> Inclusive{Inclusive gateway}
    Inclusive --> BookHotel[book hotel]
    Inclusive --> BookFlight[book flight]
    Inclusive --> RentCar[rent car]
    BookHotel --> Exclusive{Exclusive gateway}
    BookFlight --> Exclusive
    RentCar --> Exclusive
    Exclusive --> Pay[pay]
    Pay --> End([end event])
    
```

16 • 8 commentaren

Interessant Commentaar Delen Relevantst

2.310 personen bekijken uw bijdrage in de feed

Voeg commentaar toe...

...ant at Macaw

...misschien tips?

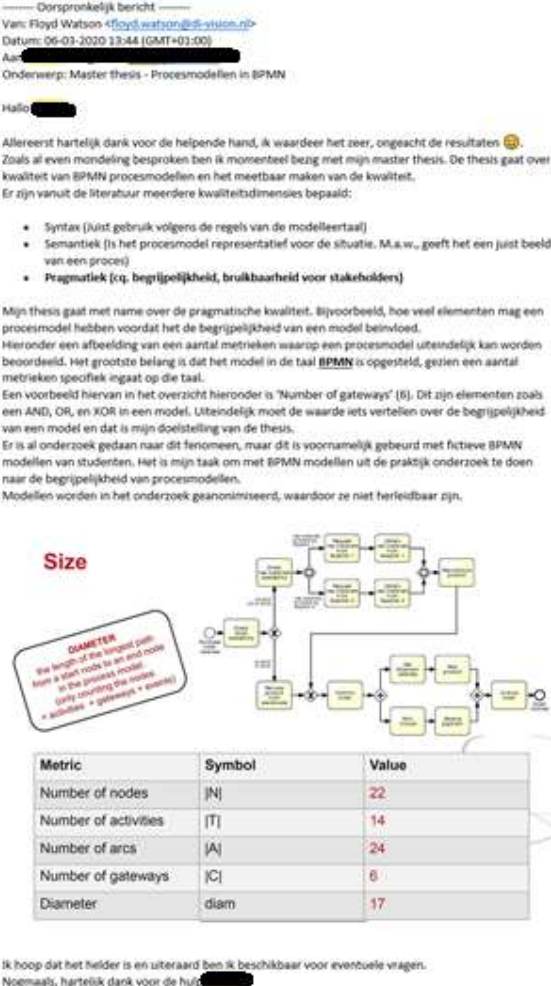
2 • 2 interessant 2 • 2 reacties

...misschien de vraag stellen in een process mining forum of misschien hebben ProcessCamp Netherlands, of ...og ideeën?

1 • 1 interessant

Floyd de Beauvesier Watson Antwoord

Dank ... ga ik mee aan de slag!



----- Oorspronkelijk bericht -----

Van: Floyd Watson <floyd.watson@di-vigor.nl>  
Datum: 06-03-2020 13:44 (GMT+01:00)  
Aan: ...  
Onderwerp: Master thesis - Procesmodellen in BPMN

Hallo ...

Allereerst hartelijk dank voor de helpende hand, ik waardeer het zeer, ongeacht de resultaten 😊. Zoals al even mondeling besproken ben ik momenteel bezig met mijn master thesis. De thesis gaat over kwaliteit van BPMN procesmodellen en het meetbaar maken van de kwaliteit. Er zijn vanuit de literatuur meerdere kwaliteitsdimensies bepaald:

- Syntax (juist gebruik volgens de regels van de modellertaal)
- Semantiek (Is het procesmodel representatief voor de situatie. M.a.w., geeft het een juist beeld van een proces)
- Pragmatiek (o.p. begrijpelijkheid, bruikbaarheid voor stakeholders)

Mijn thesis gaat met name over de pragmatische kwaliteit. Bijvoorbeeld, hoe veel elementen mag een procesmodel hebben voordat het de begrijpelijkheid van een model beïnvloed. Hieronder een afbeelding van een aantal metrieken waarop een procesmodel uiteindelijk kan worden beoordeeld. Het grootste belang is dat het model in de taal **BPMN** is opgesteld, gezien een aantal metrieken specifiek ingaat op die taal.

Een voorbeeld hiervan in het overzicht hieronder is "Number of gateways" (6). Dit zijn elementen zoals een AND, OR, en XOR in een model. Uiteindelijk moet de waarde iets vertellen over de begrijpelijkheid van een model en dat is mijn doelstelling van de thesis.

Er is al onderzoek gedaan naar dit fenomeen, maar dit is voornamelijk gebeurd met fictieve BPMN modellen van studenten. Het is mijn taak om met BPMN modellen uit de praktijk onderzoek te doen naar de begrijpelijkheid van procesmodellen. Modellen worden in het onderzoek geanonimiseerd, waardoor ze niet herleidbaar zijn.

**Size**

**DIAMETER**  
the length of the longest path from a start node to an end node in the process model.  
(only counting the nodes: activities + gateways + events)

Metric	Symbol	Value
Number of nodes	N	22
Number of activities	T	14
Number of arcs	A	24
Number of gateways	C	6
Diameter	diam	17

Ik hoop dat het helder is en uiteraard ben ik beschikbaar voor eventuele vragen. Nogmaals, hartelijk dank voor de hulp!

Figuur 5-1: Links de oproep via LinkedIn voor BPMN modellen, rechts een voorbeeldmail voor het netwerk van de onderzoeker

Verder is er met een LinkedIn-oproep geprobeerd om BPMN procesmodellen te verzamelen, gecombineerd met een oproep via de mail naar het netwerk van de onderzoeker, zie figuur 5-1. Deze oproepen zijn voornamelijk gedaan in het zakelijke netwerk van de onderzoeker. Via de mailing is geen enkel model opgeleverd. Via de LinkedIn-oproep zijn er uiteindelijk 20 praktijkmodellen opgeleverd, die allen direct voldeden aan de randvoorwaarden.

## Bijlage 6

In figuur 6-1 en figuur 6-2 wordt de Exceltemplate getoond die is gebruikt voor het berekenen en vastleggen van de metriekeken, inclusief de resultaten van de berekeningen van de metriekeken en modellen. Tevens worden de proefmodellen getoond in figuur 6-3 en figuur 6-4 om meerdere metriekeken te kunnen valideren op juistheid.

Metriek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. CFC	7	3	3	7	6	2	4	6	13	6	4	4	7	8	4	4	4	6	0	9
CFC AND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFC OR	0	3	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7
CFC XOR	7	0	3	0	6	2	4	6	6	6	4	4	0	8	4	4	4	6	0	2
2. Size	16	23	13	18	10	14	9	10	54	20	14	17	12	14	18	13	14	16	18	11
3. Average gateway degree	3,333333333	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3,5	3	3	3	3	4		3,75
4. Density	0,079166667	0,06719	0,08333	0,06209	0,13333	0,08791	0,15278	0,12222	0,02096	0,05	0,08242	0,05882	0,09848	0,0989	0,06209	0,08974	0,07143	0,07917	0,05556	0,11818
5. TNSF	19	34	13	19	12	16	11	11	60	19	15	16	13	18	19	14	13	19	17	13
6. TNE	6	5	5	4	2	1	2	3	7	5	2	3	4	5	10	6	7	2	1	3
7.TNG	3	1	1	1	3	1	2	4	5	4	2	3	2	4	2	2	2	2	0	4
8. NSFE	2	1	2	3	1	5	1	1	4	2	1	1	3	4	7	4	3	1	1	1
9. NMF	8	0	1	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10. NSFG	4	2	3	3	4	2	4	7	10	7	4	5	4	8	4	4	4	6	0	9
11. CLP	0,25	0	0,5	1,5	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. NDOOut	0	9	0	2	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0
13. NDOIn	0	2	0	1	0	0	0	0	4	1	0	3	0	0	0	0	0	1	6	0
14. Sequentiality	0,210526316	0,91176	0,69231	0,78947	0,41667	0,8125	0,45455	0,09091	0,75	0,42105	0,66667	0,5	0,46154	0,33333	0,68421	0,57143	0,53846	0,57895	1	0
15. Token splits	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. Max gateway degree	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4		5
17. Depth	1	1	1	1	3	1	1	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2
18. Connectivity coefficient	1,1875	1,47826	1	1,05556	1,2	1,14286	1,22222	1,1	1,11111	0,95	1,07143	0,94118	1,08333	1,28571	1,05556	1,07692	0,92857	1,1875	0,94444	1,18182
19. Gateway mismatch	7	2	3	3	6	2	4	4	10	4	4	2	4	8	4	4	4	6	0	0
20. Gateway heterogeneity	0	0	0	0	0	0	0	0	0,97095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,81127

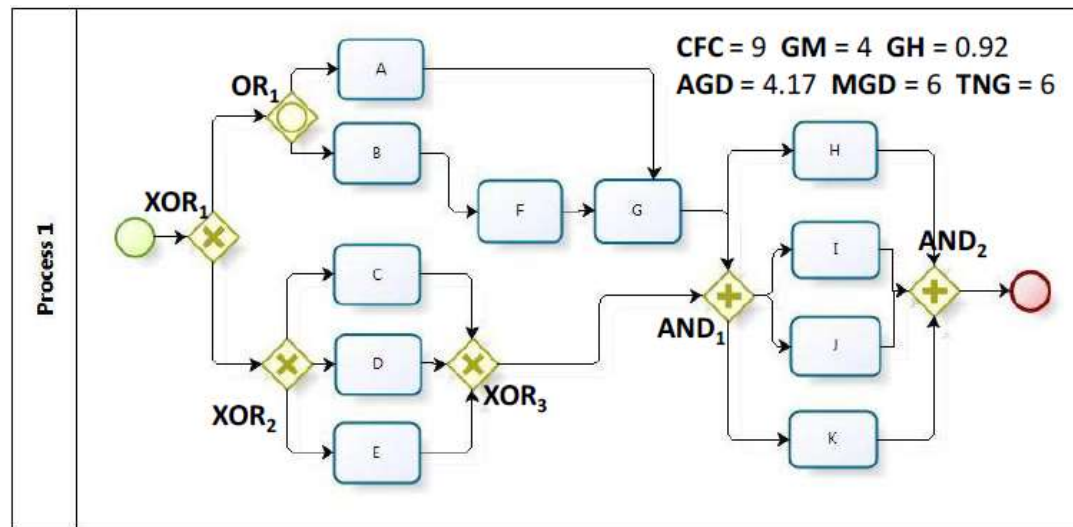
Figuur 6-1: Template Excel voor de modellen 1-20

Metriek	Formuleblad	Manueel / Automatisch	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1. CFC	CFC	Automatisch	8	8	7	29	6	6	9	12	8	5	3	1	7	6	3	5	3	0	3	6
CFC AND	CFC.A	Manueel	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
CFC OR	CFC.O	Manueel	0	0	0	23	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
CFC XOR	CFC.X	Manueel	7	8	7	6	6	6	6	12	7	4	2	0	7	5	2	4	2	0	2	6
2. Size	Size	Manueel	47	14	18	31	23	26	26	33	34	22	34	20	23	26	23	26	14	14	18	29
3. Average gateway degree	AGC	Manueel	3,2	3,25	5	3,57	3	3,25	3	3,5	3,4	3,33	5,33	5	3,25	3,33	3	3	3		3	3
4. Density	Den	Automatisch	0,0222	0,0989	0,06863	0,04301075	0,04545	0,04	0,04308	0,03977	0,03209	0,04978	0,03298	0,05789	0,05534	0,04308	0,02964	0,04615	0,09341	0,08791	0,06863	0,04064
5. TNSF	TNSF	Manueel	48	18	21	40	23	26	28	42	36	23	37	22	28	28	15	30	17	16	21	33
6. TNE	TNE	Manueel	25	7	10	8	7	11	13	9	20	11	16	9	8	15	12	9	7	7	8	13
7. TNG	TNG	Manueel	5	4	3	7	4	4	4	6	5	3	3	1	4	3	3	3	3	0	2	3
8. NSFE	NSFE	Manueel	15	5	8	4	4	4	8	5	13	7	14	4	7	10	5	5	5	5	7	
9. NMF	NMF	Manueel	8	6	2	1	3	0	0	3	5	2	0	0	4	7	13	10	4	5	7	9
10. NSFG	NSFG	Manueel	10	8	8	16	7	7	8	13	10	6	6	4	8	6	4	6	4	0	4	6
11. CLP	CLP	Manueel	3,33333	3	2	0,33333333	1,5	0	0	1,5	1,66667	1	0	0	2	2,33333	2,6	3,33333	1	1,25	1,4	2,25
12. NDOOut	NDOOut	Manueel	7	0	0	8	2	2	1	11	0	1	3	3	2	2	2	0	1	1	2	1
13. NDOIn	NDOIn	Manueel	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	3	2	1	2	1	0	0	0	1
14. Sequentiality	Seq	Automatisch	0,6875	0,27778	0,33333	0,45	0,47826	0,5	0,67857	0,5	0,63889	0,56522	0,64865	0,77273	0,60714	0,64286	0,4	0,73333	0,52941	0,5625	0,66667	0,72727
15. Token splits	TS	Manueel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. Max gateway degree	MGD	Manueel	4	4	6	5	3	4	3	4	4	4	7	5	4	4	3	3	3		3	3
17. Depth	Depth	Manueel	4	2	1	3	1	1	2	3	3	3	2	1	3	3	2	2	1	0	1	1
18. Connectivity coefficient	CC	Automatisch	1,02128	1,28571	1,16667	1,29032258	1	1	1,07692	1,27273	1,05882	1,04545	1,08824	1,1	1,21739	1,07692	0,65217	1,15385	1,21429	1,14286	1,16667	1,13793
19. Gateway mismatch	GM	Manueel	7	4	0	7	4	4	8	9	2	6	1	4	5	7	-2	6	-2	0	4	6
20. Gateway heterogeneity	GH	Manueel	0,72193	0	0	0,98522	0	0	0,81127	0	0,72192	0,9183	0,9183	0	0	0,9183	0,9183	0,9183	0,9183	0	1	0

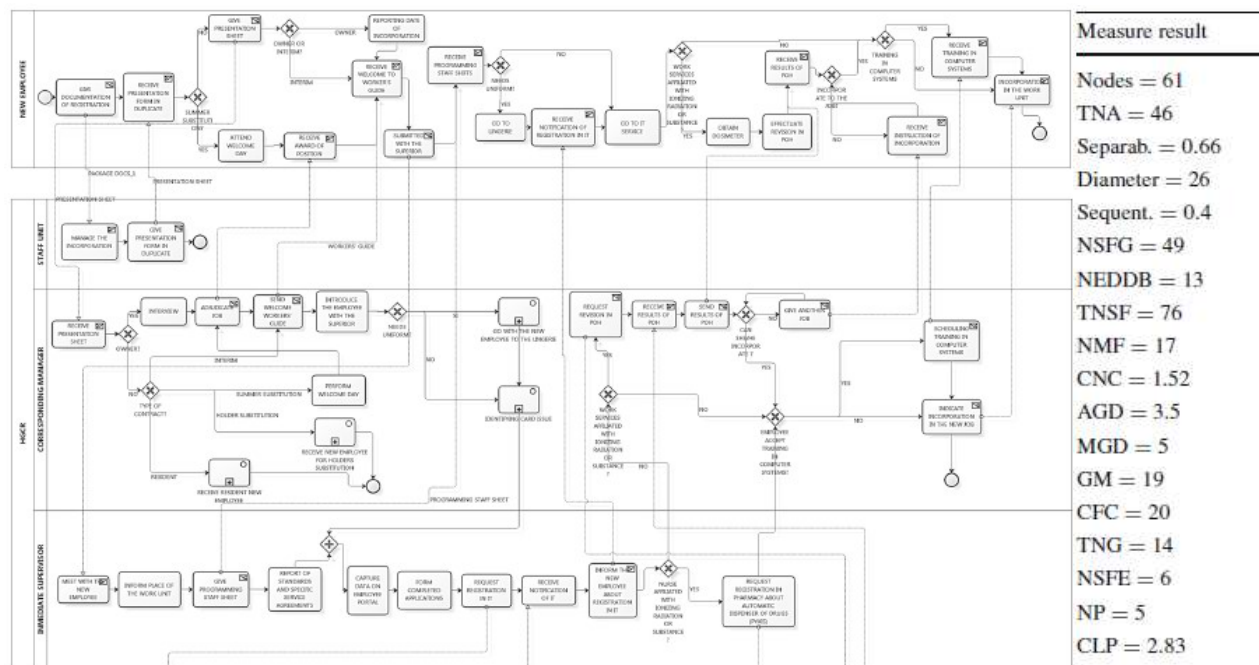
Figuur 6-2: Template Excel voor de modellen 21-40



Met betrekking tot de validatie van de modellen is gebruik gemaakt van proefmodellen uit de literatuur. Figuur 6-3 en figuur 6-4 tonen procesmodellen die zijn gebruikt ter validatie.



*Figuur 6-3: Procesmodel met berekeningen voor 6 metrieken uit (Sánchez-González, García, Ruiz, & Mendling)*



*Figuur 6-4: Procesmodel met resultaten van metriekeken ter validatie uit (Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini, 2017)*

## Bijlage 7

Hieronder volgt het protocol van het semigestructureerde interview om de classificaties van de procesmodellen te toetsen. De interviews en modellen worden in een offline setting met papieren versies gehouden. Er zijn 5 procesmodellen geselecteerd voor het interview.

**Vraag 1:** *Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?*

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model:	Model:	Model:	Model:	Model:

**Vraag 2:** *Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel?*

**Vraag 3:** *Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?*

*Model 1:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk

*Model 2:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk

*Model 3:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk

*Model 4:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk

*Model 5:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk



## Bijlage 8

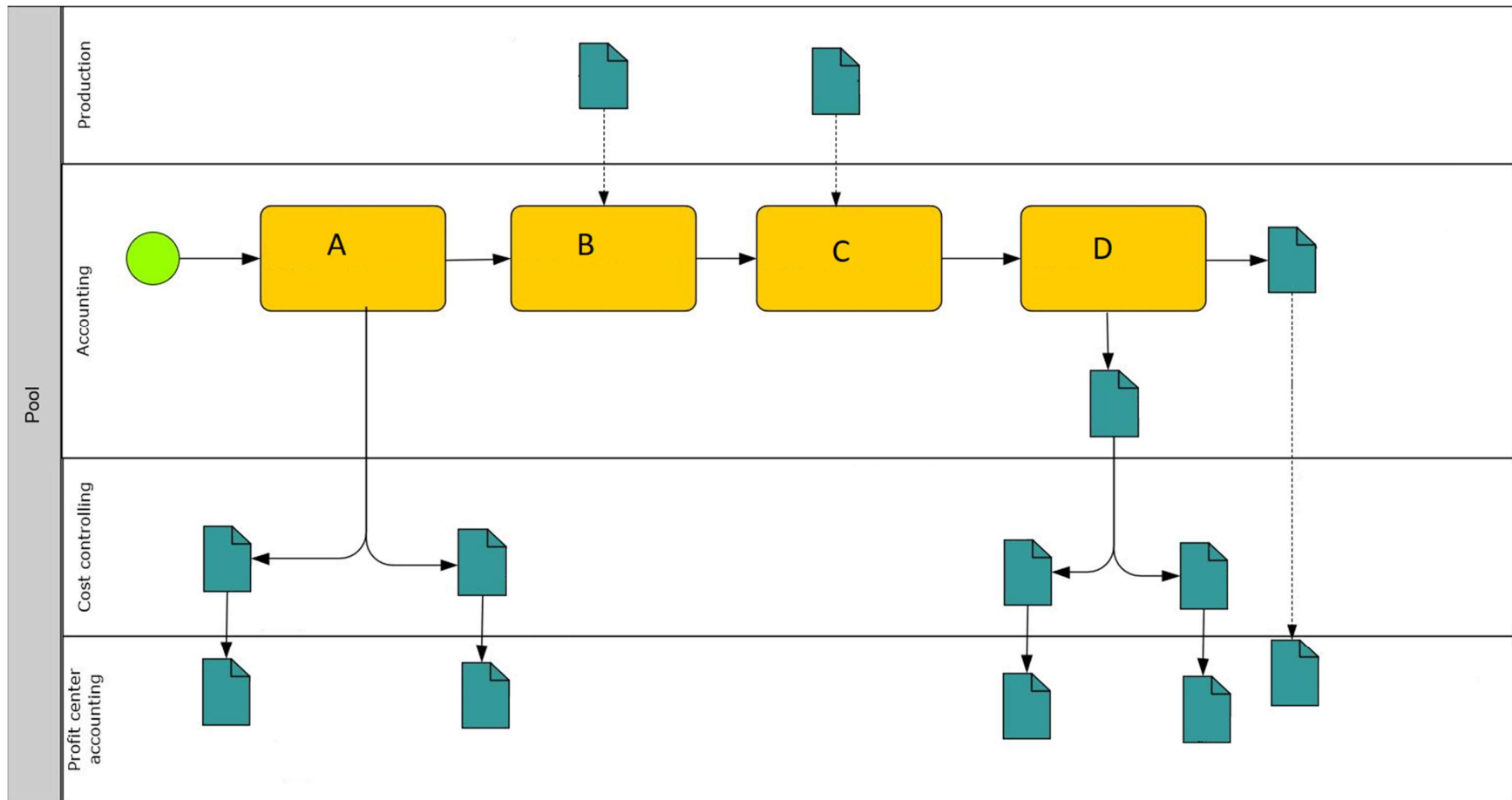
In deze bijlage wordt in figuur 8-1 het overzicht getoond van de individuele scores van de deelnemers met betrekking tot de geselecteerde modellen voor de interviews (1== zeer makkelijk te begrijpen en 5==zeer moeilijk te begrijpen).

Model / Metriek	Interview 1	Interview 2	Interview 3	Interview 4	Interview 5	Mediaan	Gemiddelde	Gemiddelde score fase 1
19	1	1	1	1	1	1	1	1,8
21	3	3	3	4	4	3	3,4	3,1
24	3	3	3	3	3	3	3	2,8
33	2	2	2	3	2	2	2,2	2,45
Extra	4	4	4	2	5	4	3,8	4,15

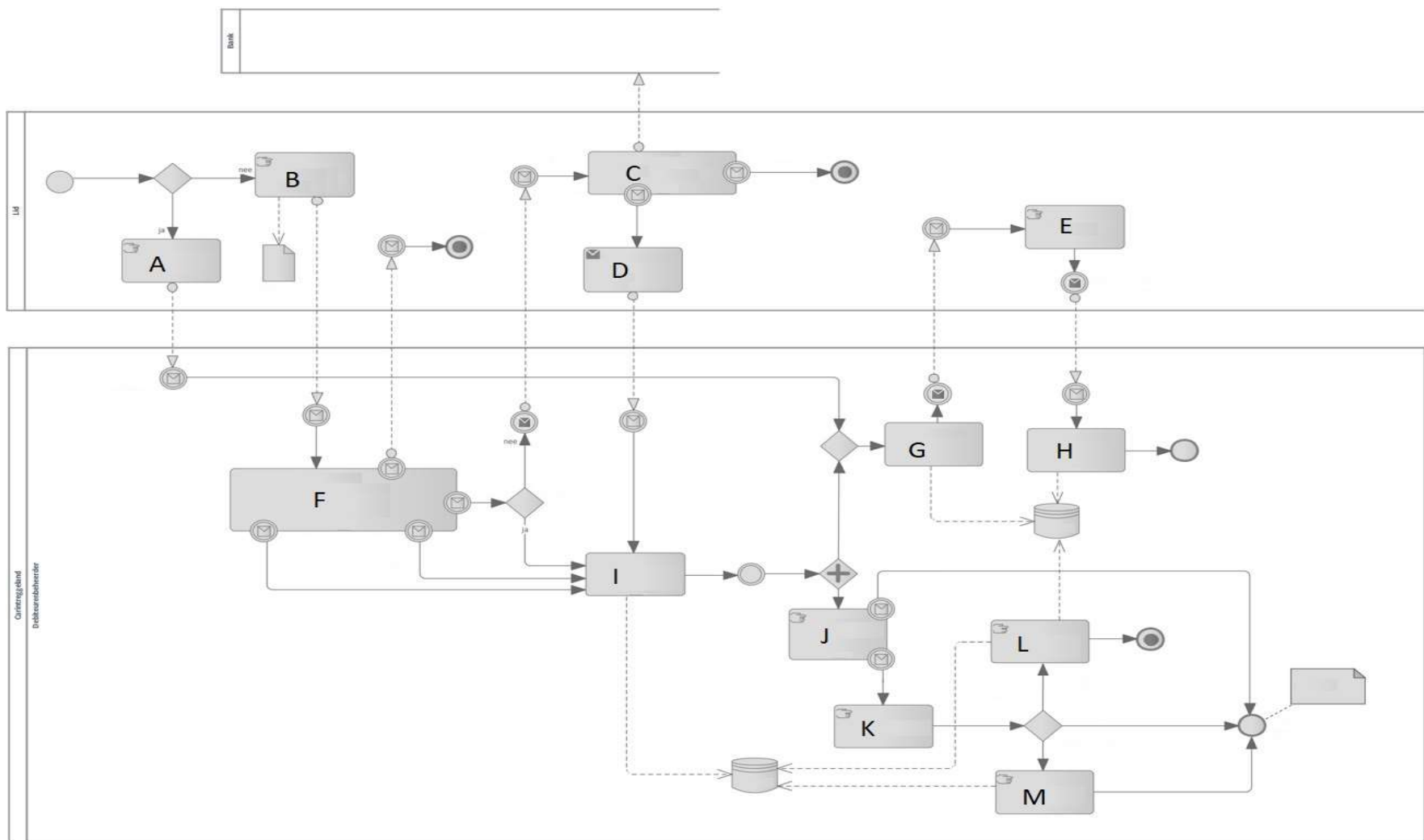
*Figuur 8-1: Classificatiescores van de deelnemers met betrekking tot de geselecteerde modellen, gecombineerd met het gemiddelde en de mediaan*

## Bijlage 9

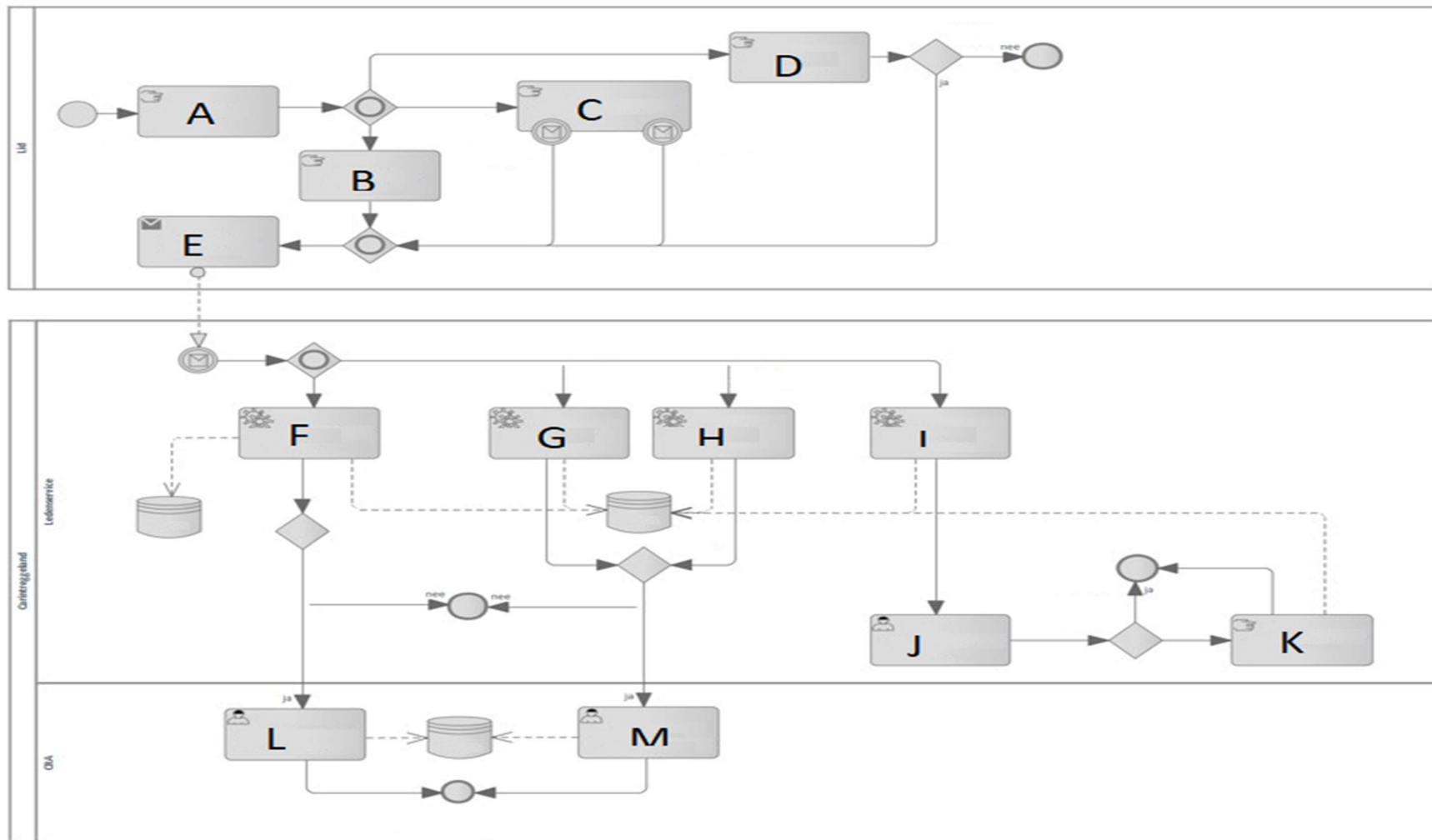
Hieronder worden de geselecteerde modellen weergegeven voor het interview.



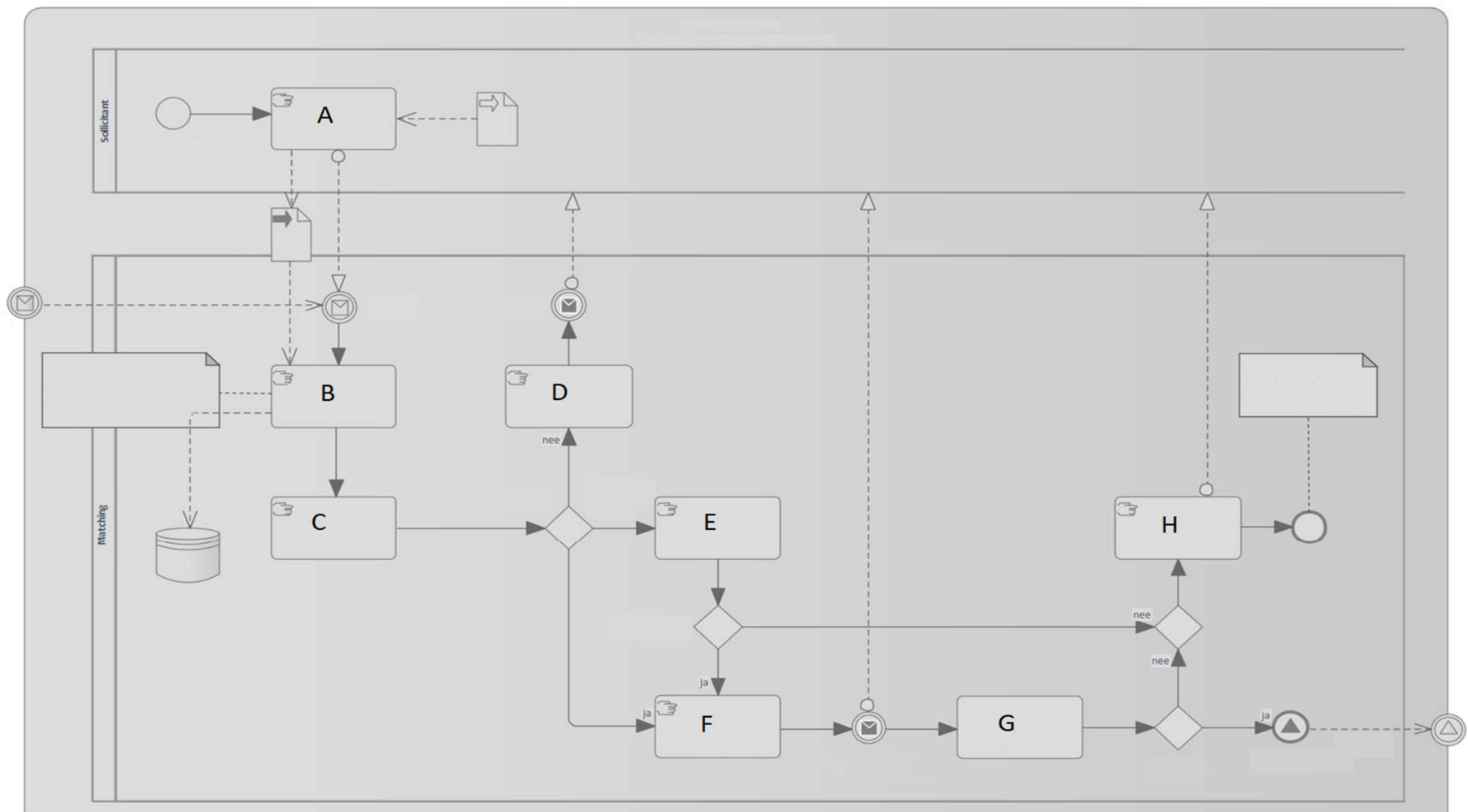
Figuur 9-1: Model 19



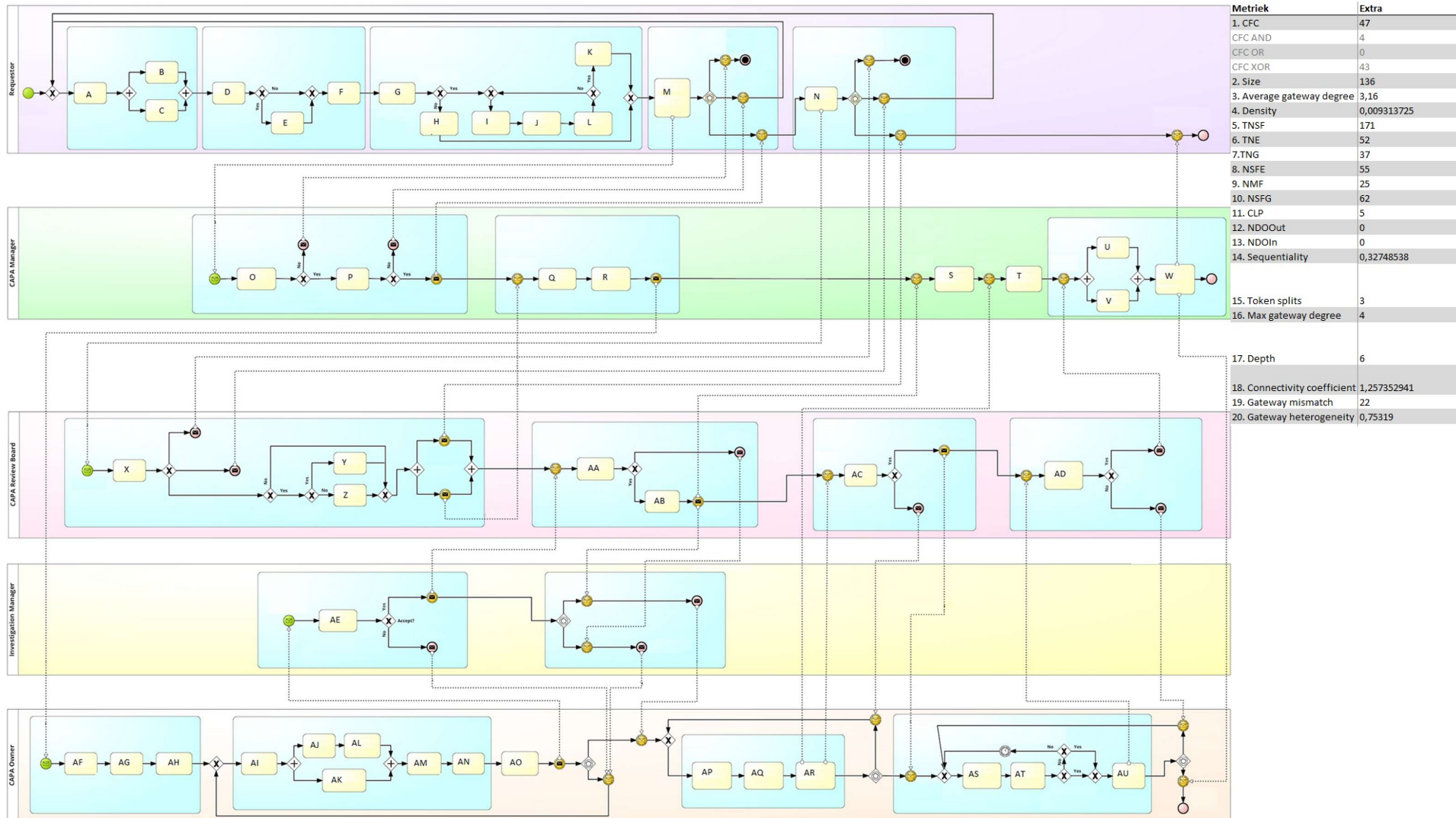
Figuur 9-2: Model 21



*Figuur 9-3: Model 24*



Figuur 9-4: Model 33



Figuur 9-5: Model Extra met berekeningen metrieken. [https://is.ieis.tue.nl/staff/oturetken/wp-content/uploads/2016/12/A2\\_L.jpg](https://is.ieis.tue.nl/staff/oturetken/wp-content/uploads/2016/12/A2_L.jpg)

## Bijlage 10

Hieronder volgt een uitwerking van de interviews.

### Interview 1:

*Functie:* Business Consultant & Chapterlead Consultancy

*Verantwoordelijkheden:* Ik ben enerzijds Business Consultant en daarmee onderdeel van projecten, ik verzorg de brugfunctie tussen klant en development. Ik ben tevens verantwoordelijk voor requirementmanagement en zorg in de analysefase voor het analyseren en opstellen en uitleggen van processen. Daarnaast ben ik Chapterlead van de afdeling Consultancy. Ik zorg hiermee middels het Spotify model voor de vormgeving van het Consultancy Chapter.

*Ervaring procesmodelleren:* Ik doe het niet dagelijks, maar heb veelvuldig modellen opgesteld, echter niet specifiek in een taal. Ik heb met DMN en UML gewerkt. Ik ken BPMN maar heb het persoonlijk niet toegepast.

Vraag 1: Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begripelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model:21	Model: 24	Model: extra

Toelichting bij de keuze:

1 == Makkelijkst	Toelichting
Model: 19	Er zitten weinig activiteiten in het model, er is een duidelijke flow en de lanes zijn overzichtelijk. Het is een heel simpel model met activiteiten van links naar rechts

2	Toelichting
Model: 33	Het model is iets groter, al ligt het in lijn met het makkelijkste model. Er zit een duidelijke flow in van links naar rechts, gecombineerd met veel XOR gateways. Hierbij splits je dus iedere keer, wat het overzichtelijk maakt.

3	Toelichting
Model: 21	In dit model wordt al iets complexer. Er zit een redelijke volgordelijkheid in, maar in de tweede lane wordt dat al minder duidelijk. Het heeft dat ook te maken de data die erin komt en de hoeveelheid events in het model. Dat maakt het wat onoverzichtelijker.

4	Toelichting
Model: 24	Je gaat hier spreekwoordelijk terug in het model. Ik volg het model van links naar rechts, maar door de OR-Gateway worden er mogelijk ook de overige flows geactiveerd. Dit vind ik minder overzichtelijk. Ik ben zoals eerder aangegeven meer voorstander van de XOR gateways.

5 == Moeilijkst	Toelichting
Model: extra	Indien je puur kijkt naar de componenten, en dus niet naar de kleurtjes, dan vind ik deze lastigste. Vanuit een totaaloverzicht is dit vermoedelijk te gedetailleerd. Dit lijkt meer een informatiemodel, dan een procesmodel. Indien er een procesmodel moet worden getoond zou ik dit eerder op splitsen. Dit zou ik eerder gebruiken om bijvoorbeeld te zien of je verspilling hebt in een proces of afdeling. Plus het onderhoud lijkt me hier een behoorlijke klus. Op dit moment zou ik dit zonder verdere informatie eerder beschouwen als een informatiemodel.

Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel?

Ik vind het belangrijk om te zien wie of wat het uitvoert, dat het realistische en overzichtelijke weergave is. Dat is nu niet geval omdat het is geanonimiseerd, maar dat is vanwege het onderzoek. Verder vind ik het gebruik van Lanes heel belangrijk. Teksten van activiteiten vind ik dus ook belangrijk om iets te kunnen begrijpen. Voor mij zegt het model nu niet zo veel, al is dat ook niet het doel om er op die manier naar te kijken. Verder zou ik zo veel mogelijk dezelfde gateways gebruiken. XOR is gewoon het prettigst, omdat het maar één stroom volgt in een model volgt, wat het overzichtelijk maakt.

Het gebruik van Message Flows en bijvoorbeeld databases is prima, maar ik zou vooral kijken naar de doelgroep en wat voor hen eigenlijk belangrijk is in het model. Verder ben ik van mening dat het leesbaar moet zijn op een A4 formaat. Als dat niet kan moet je het eigenlijk opsplitsen in submodellen.

Als laatste vind ik het zelf fijn om van links naar rechts te kunnen lezen, in combinatie met de Lanes, verticaal of horizontaal. Het hangt af van het proces wat handiger is. Dat onderstreept ook het gebruik van de XOR gateway.

Vraag 3: Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?

*Model 19:*

Zeet moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
				x

*Model 21:*

Zeet moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
		x		



*Model 24:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

*Model 33:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
			x	

*Model extra:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
	x			

## Interview 2:

*Functie:* Delivery Manager & Chapterlead DevOps

*Verantwoordelijkheden:* Ik ben Delivery Manager en verantwoordelijk voor de Software Delivery voor onze klanten. Daarnaast ben ik chapterlead van de chapter DevOps volgens het Spotify model, waarin ik me bezig houdt met de ontwikkeling van het DevOps chapter. Ik zorg dat de opleveringen in orde zijn en dat onze klanten er blij van worden. Tevens heb ik een (technisch) consultancy achtergrond, ook in development.

*Ervaring procesmodelleren:* In het verleden heb ik vanuit mijn technisch consultancy rol vaker gewerkt met procesmodellen dan nu. Ik ben echter wel bekend met BPMN en pak dit ook vanuit ons nieuwe product wat gebaseerd is op decision modeling mee. Daarnaast heb ik vanuit Microsoft een cursus gehad met adviezen rondom modelleren. Daar werd bijvoorbeeld een maximum van 20 nodes geadviseerd.

Vraag 1: Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra

Toelichting bij de keuze:

1 == Makkelijkst	Toelichting
Model: 19	Minst aantal blokjes, en eigenlijk geen decisions of gateways. Al wordt het model niet afgesloten met een eind event, maar met data.

2	Toelichting
Model: 33	Hier vind ik de flow, met maar 2 lanes, vrij overzichtelijk. Kijkend naar het geheel vind ik deze minder begrijpelijk dan het eerste model, maar nog steeds vrij makkelijk.

3	Toelichting
Model: 24	In dit model zie ik weinig verschil ten opzichte van voorgaande model, maar zitten er wat meer forks in. Daarmee bedoel ik splitsingen met de OR-decision. Dat maakt het iets complexer.

4	Toelichting
Model: 21	Er zitten gewoonweg meer activiteiten en meer mogelijkheden in deze flow, qua lanes valt het wel mee, maar het oogt drukker met alle events events

5 == Moeilijkst	Toelichting
Model: extra	Voor mij het meest complexe model, meeste interacties tussen de lanes. Het is moeilijker te lezen, voornamelijk in de hoeveelheid interacties die mogelijk zijn, wellicht is deze beter om wat meer uiteen te rafelen. Het lijkt een te groot model om goed te kunnen zien wat dit is.

Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel? En als je dit weerlegt op de metriecken in een model?

Als ik modelleer vind ik het belangrijk dat ik het aantal blokjes en interacties niet te groot laat worden, minder dan 20, wat voor mij goed overkomt. Dit is ook wat je in de praktijk ziet en wat ik verder heb meegenomen uit de cursus van Microsoft. Je behoudt hierbij een bepaald abstractieniveau, en het blijft daarmee vrij duidelijk. Het hangt wel af van je doel van je design en waar je het voor gebruikt.

Het springen tussen lanes vind ik verwarrend, soms ontkom je er niet aan maar het helpt ook niet. Wellicht is daarmee ook je proces suboptimaal. Als laatste gebruik ik zelf zo min mogelijk de gateway OR, al is dat een kwestie van smaak, je kunt dit model ook opbreken in meerdere XOR, wat in mijn optiek meer duidelijkheid geeft. Al kan een model natuurlijk hier wel een stuk groter mee worden. Je ziet dit ook in software development, dat developers liever werken met een XOR dan een OR. Ook vanuit ons nieuwe product modelleren we meer via dat pad dan met een OR, omdat we het zo makkelijk mogelijk willen maken om software eromheen te bouwen.

Vraag 3: Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?

*Model 19:*

Zeet moeilijlk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
				x

*Model 21:*

Zeet moeilijlk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
		x		

*Model 24:*

Zeet moeilijlk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
		x		

*Model 33:*

Zeet moeilijlk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
			x	

*Model extra:*

Zeet moeilijlk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeet makkelijk
	x			

### Interview 3:

*Functie:* CEO DI-VISION, Architechts en Trin-IT

*Verantwoordelijkheden:* Ik ben één van de eigenaren van meerdere software bedrijven, en een daarvan is momenteel bezig met een product wat gaat over decision modeling. Dit product zorgt ervoor dat er op basis van een product in de cloud, een online modelleertool van processen kan worden onderhouden. Hiermee kan snel bedrijfslogica kan worden aangepast, de IT wereld en processen binnen organisaties veranderen immers zeer snel. Op basis van deze logica wordt vervolgens automatisch software om deze logica gebouwd.

*Ervaring procesmodelleren:* Ik ben zelf ook ooit bezig geweest het bouwen van organisatiemodellen en in mindere mate procesmodellen aan de hand van DEMO (Design & Engineering Methodology for Organizations). Dit is namelijk meer een tool gebaseerd op transactiemodellen en het plotten van organisaties. Ik heb ook mijn thesis gedaan hierin.

*Vraag 1:* Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model:24	Model: 21	Model: extra

Toelichting bij de keuze:

1 == Makkelijkst	Toelichting
Model: 19	Lijkt me zeer eenvoudig, proces loopt een aantal activiteiten af en bevat wel veel info/data stromen, maar door de lanes is het ook nog duidelijk in welk domein het valt.

2	Toelichting
Model: 33	Het model is goed gestructureerd, als kolom gemodelleerd en het is veel met de XOR gateway gemodelleerd. Dit geeft een makkelijk overzicht.

3	Toelichting
Model: 24	Dit vind ik iets complexer. Het is niet helemaal in kolommen gemodelleerd, en er zijn meerdere OR gateways. En het is combinatie van veel informatiestromen, plus je gaat van rechts naar links terug in het model. Dat geeft mij in één oogopslag een minder overzichtelijk beeld.

4	Toelichting
Model: 21	Dit lijkt mij op het eerste blik een informatiemodel en procesmodel gecombineerd. De lanes zijn wel begrijpelijk maar het bevat erg veel events. Er worden veel verschillende gateways gebruikt, waardoor het in één oogopslag minder makkelijk te begrijpen voor mij.

5 == Moeilijkst	Toelichting
-----------------	-------------

Model: extra	Voor mij is dit een vreemde eend in de bijt. Ik vind het model namelijk heel consistent gemodelleerd. Het lijkt wellicht complexer door de grootte van het model, maar dat is het in mijn optiek niet per se, omdat het op een consistente manier is gemodelleerd. Daarmee wil ik zeggen, het leest goed van links naar rechts en je ziet heel duidelijk de vertakking naar de volgende lane. Door de grootte en door de vele message flows, lijkt dit echter een groter geheel te zijn, dan specifiek één procesmodel.
--------------	---

Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel? En als je dit weerlegt op de metriecken in een model?

Qua overzicht zou ik zo veel mogelijk op kolommen modelleren. Voor mij is het belangrijk om in een oogopslag het model te kunnen begrijpen. Grootte en consistentie in iconen is daarmee ook van belang. Processen en informatie zou ik zo veel mogelijk loskoppelen, dat voldoet voor mij het meest qua begrijpelijkheid. Anders zit je meer op het begrip volledigheid.

Voor een hoog-over plaat kan het worden gecombineerd, maar voor onderliggende processen vind ik het minder van belang. Verder weegt voor mij het gebruik van kleur ook. Het grootste model (model extra) vind ik qua begrijpelijkheid heel consistent qua opbouw, ook al zitten er veel Message Flows in. Ik vind het belangrijkste dus vooral het verschil tussen proces en informatie, het verschil in lagen van modellen. De abstractielagen dus.

Vraag 3: Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?

Model 19:

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
				x

Model 21:

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

Model 24:

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

Model 33:

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
			x	

Model extra:

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
	x			

#### Interview 4:

*Functie:* Managing Director DI-VISION Consulting

*Verantwoordelijkheden:* Ik ben directeur van DI-VISION Consulting, tevens ben ik ook Solution Architect van AWS. Ik had altijd al een wens om voor mezelf te beginnen. Daar is DI-VISION uit voortgevloeid. Hierbij hebben we een sterke focus op AWS Serverless projecten in de Logistieke sector & Food branche.

*Ervaring procesmodelleren:* Ik heb veel met procesmodellen gewerkt, mede vanuit mijn studie hts informatica, waarbij ik geformaliseerde methodes sdm, dmn heb toegepast bij grootzakelijke klanten.

Vraag 1: Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begripelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: extra	Model: 24	Model: 33	Model: 21

Toelichting bij de keuze:

1 == Makkelijkst	Toelichting
Model: 19	Relatief weinig elementen, netjes opgedeeld in lanes, sequentiële opvolging van activiteiten, ogenschijnlijk nog een aantal documenten tot zich nemen of produceren, maar verder het meest begrijpelijk. Maar zo simpel als deze zal het in het de realiteit vaak niet echt zijn.

2	Toelichting
Model: extra	Structuurtechnisch gezien heel erg netjes opgezet, flow loopt netjes van links naar rechts, geen data flows en executie flows die door elkaar lopen, maar de tweede dimensie van data zit er zo te zien wel bij. Je zou het wellicht niet verwachten, maar dit vind ik na het vorige model het makkelijkst te begrijpen.

3	Toelichting
Model: 24	Je hebt een beperking vanwege de OR-gateways en symbolen, maar dit ziet er nog redelijk consistent uit.

4	Toelichting
Model: 33	Er worden hier veel Message Flows gebruikt, maar het is niet duidelijk en consistent waar deze naartoe gaan. Wel is er minder gateway symboliek, wat het voor mij nog wel begrijpelijk maakt, maar ten opzichte van de andere modellen vind ik een moeilijker model om te begrijpen.

5 == Moeilijkst	Toelichting
Model: 21	Veel symbolen en events, dit maakt het voor mij het minst overzichtelijk en consistent.

Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel? En als je dit weerlegt op de metrieken in een model?

Het belangrijkste is de vertaling van het model, dat het in één oogopslag zichtbaar is wat we aan het verifiëren zijn. Met een gebruiker zou ik dan vooral naar de flow kijken, zonder dat het een doolhof is. Tevens vind ik het belangrijk om meer in de if>then> else, gedachte te denken. Vooral vanuit de XOR gedachte dus. Minder symboliek kan helpen, maar in het evalueren van de flows houdt het weer tegen, omdat je dan expliciet moet nadenken wat een symbool betekent en wat de afweging is. Bepaalde symboliek met betrekking tot een handje of tandwiel in je activiteit vind ik niet logisch, ook niet voor je doelgroep. Je vraagt je af hoe nuttig dit is voor je doelgroep. Ik vind het eerder verwarrend. Alleen, een complex model representeert vaak een complex proces, en als je dan zaken gaat filteren, in hoeverre is het dan semantisch nog juist? Je wilt wel volledig blijven.

Vraag 3: Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?

*Model 19:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
				x

*Model 21:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
	x			

*Model 24:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

*Model 33:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

*Model extra:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
			x	

## Interview 5:

*Functie:* Business Consultant

*Verantwoordelijkheden:* Ik ben Business Consultant, bij een data gedreven team voornamelijk, waarmee ik een brug ben tussen de klant en een development team.

*Ervaring procesmodelleren:* Modelleren heb ik meer op basis van gebruikersflows gedaan, veel meer vanuit meerdere perspectieven en meer vanuit userinteractie. Dus altijd van input van een gebruiker. Ik heb niet specifiek met de taal BPMN gewerkt, maar ken het wel.

Vraag 1: Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen? Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?

1 == Makkelijkst	2	3	4	5 == Moeilijkst
Model: 19	Model: 33	Model: 24	Model: 21	Model: extra

Toelichting bij de keuze:

1 == Makkelijkst	Toelichting
Model: 19	Heel duidelijk, weinig activiteiten, duidelijk wat input en output is, overzichtelijk gecombineerd met het gebruik van de lanes.

2	Toelichting
Model: 33	Gebruik van één en dezelfde gateway, je doorloopt verder een duidelijke flow ten opzichte van de andere. Hierdoor is het wat overzichtelijker dan de overige modellen.

3	Toelichting
Model: 24	Hier zit voor mijn gevoel een minder duidelijke flow in, het gaat ook van rechts van links. Door het gebruik van meerdere OR gateways zijn er meerdere paden van het proces mogelijk, waardoor het al gauw onduidelijker wordt. Zoals gezegd heb ik liever het gebruik van de XOR-Gateway.

4	Toelichting
Model: 21	Er zit hier weinig overzicht door alle events, dit maakt de flow voor mij ook minder helder. Voornamelijk omdat je veel met message flows tussen lanes acteert en er zeer veel events zijn. Daarmee lijkt het of het proces stopt in een lane om naar de volgende lane te gaan, maar vervolgens gaat het weer terug.

5 == Moeilijkst	Toelichting
Model: extra	Veel te veel mogelijkheden en richtingen, veel meer message flows die op de helft van een volgende lane invoegen. Daarbij zijn er daar ook startmomenten in een volgende lane, waardoor het onduidelijk is waar je start. Dit lijken meerdere modellen gecombineerd.



Vraag 2: Kunt u uw visie op begrijpelijkheid in procesmodellen geven. Wat zijn volgens u belangrijke factoren die invloed hebben op de begrijpelijkheid van een procesmodel? En als je dit weerlegt op de metriecken in een model?

De basis is voor mij een legenda. Het gebruik van veel gateways maakt het voor mij onoverzichtelijk, als je het doet dan veel met een enkele stroom, A of B. Je kunt niet van iedereen verwachten dat ze een specifieke modelleertaal begrijpen. Zelf ben ik wel erg fan van kleurgebruik, om het visueel duidelijk maken. Lanes gebruiken is goed voor het overzicht, maar dan meer op input/output.

Vraag 3: Als u de betreffende modellen zou moeten classificeren op het gebied van begrijpelijkheid op een schaal van 1 tot 5 (5 == zeer moeilijk te begrijpen, 1 == zeer makkelijk te begrijpen), hoe zou u het classificeren?

*Model 19:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
				x

*Model 21:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
	x			

*Model 24:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
		x		

*Model 33:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
			x	

*Model extra:*

Zeer moeilijk	Moeilijk	Gemiddeld	Makkelijk	Zeer makkelijk
x				

## Bijlage 11

In deze bijlage wordt in tabel 11-1 de volledige cross-analyse getoond van vraag 1 uit het interviewprotocol. Hierbij gaat het om de toelichting van het op volgorde leggen van de modellen.

**Vraag 1:** *Kunt u naar eigen mening de volgende 5 modellen op volgorde van begrijpelijkheid leggen?*

**Kunt u per model uitleggen waarom u deze volgorde hanteert?**

Model	Antwoorden	Cross-analyse metriek Fase 1
19	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alle geïnterviewden geven de motivatie dat het aantal elementen en activiteiten relatief erg laag ligt wat het een zeer overzichtelijk model maakt.</li> <li>2. Door alle geïnterviewden wordt aangegeven dat er een duidelijke sequentiële flow en opvolging van activiteiten plaatsvindt, zonder gateways.</li> <li>3. In interview 3 en 4 wordt aangegeven dat het proces veel data flows bevat.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>1. Size:</i> 'Zeer makkelijk', komt overeen met het framework. Relatief gezien qua scores echter moeilijk te analyseren, omdat er relatief zeer veel scores uit fase 1 van deze metriek in de categorie 'zeer makkelijk' vallen.</li> <li>2. <i>14. Seq:</i> Score 'Makkelijk', overeenkomstig met de analyse van de interviews. In de classificaties van de overige modellen voor deze metriek scoort dit model relatief de laagst behaalde score. Hiermee wordt de classificatie gevalideerd.</li> <li>3. <i>12. NDOOut</i> en <i>13. NDOIn:</i> voor metriek 13. <i>NDOIn</i> is relatief de hoogste classificatiescore toegekend wanneer er wordt vergeleken met alle modellen (gemiddeld te begrijpen). Tevens in absolute scores de hoogste waarde van alle modellen uit fase 1.</li> </ol>
Model	Antwoorden	Cross-analyse metriek Fase 1
21	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alle geïnterviewden geven het aantal events aan als belangrijke reden om het model te beoordelen in het op volgorde leggen. Het is hierdoor minder overzichtelijk.</li> <li>2. In interview 1, 3 en 4 wordt aangegeven dat er de combinatie van activiteiten met events ervoor zorgt dat het een groot model is.</li> <li>3. In interview 5 wordt aangegeven dat er veel Message Flows zijn ten opzichte van de andere modellen en dat dit is meegenomen in de beoordeling.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>6. TNE:</i> 'Zeer moeilijk', hiermee bevestigt het de classificatie van het framework. De absolute score van deze metriek voor dit model is het hoogste van alle modellen uit fase 1. Het is het enige model met de classificatie 'zeer moeilijk' voor deze metriek.</li> <li>2. <i>2. Size:</i> 'Gemiddeld'. Echter, in absolute scores de hoogste waarde van alle modellen uit fase 1. Relatief gezien de hoogste waarde toegekend van de modellen. Toont hiermee aan dat er een valide splitsing is tussen de classificaties, al kan hiermee weinig worden gezegd over de validiteit van de range van de drempelwaarde.</li> <li>3. <i>9. NMF,</i> 'Gemiddeld'. Relatief gezien de hoogste score toegekend van de modellen voor deze metriek. Toont hiermee aan dat er een valide splitsing is tussen de classificaties, al kan hiermee weinig worden gezegd over de validiteit in de range van de drempelwaardes.</li> </ol>
Model	Antwoorden	Cross-analyse metriek Fase 1
24	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alle geïnterviewden benoemen het gebruik van OR-Gateway een beperking in de begrijpelijkheid van het procesmodel, en geven dit als voornaamste reden op om in de volgorde van de modellen te leggen. Het</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>1. CFC:</i> 'moeilijk'. Het enige model wat op deze metriek 'moeilijk' scoort (figuur 6). Tevens het model met de hoogste score in absolute scores voor deze metriek (figuur 5). Dit zit voornamelijk in het gebruik van de OR-gateway, zie hiervoor ook bijlage 3, tabel 3-1.</li> </ol>

	wordt hierdoor als relatief moeilijk bestempeld.	Het gebruik van de OR-gateway zorgt voor een exponentiële stijging van de CFC. De analyse van deze metriek valideert de classificaties voor deze metriek, al is de validatie op de CFC overkoepelend genomen. Specifiek CFC-OR is geen aparte metriek in het onderzoek.
<b>Model</b>	<b>Antwoorden</b>	<b>Cross-analyse metriek Fase 1</b>
33	1. In interview 1, 2, 3 en 5 wordt de nadruk gelegd op het gebruik van de XOR-gateway, waardoor het een goed gestructureerd model is en overzichtelijk.	1. 1. CFC: 'makkelijk'. Het model heeft relatief de laagste classificaties. De analyse van deze metriek valideert de classificatie voor deze metriek, al is de validatie op de CFC overkoepelend genomen. Specifiek CFC-XOR is geen aparte metriek in het onderzoek.

Tabel 11-1: Cross-analyse van toelichtingen vergeleken met de metriecken

## Bijlage 12

In deze bijlage worden in figuur 12-1 de drempelwaardes uit Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017) getoond. De drempelwaardes worden bij het BPMIMA-framework gebruikt om de metriecken te kunnen classificeren. Er kan ook worden geconcludeerd dat er voor bepaalde metriecken maar vier classificaties beschikbaar zijn. In alle gevallen wordt de classificatie 'zeer makkelijk te begrijpen' weggelaten.

Measures	Very difficult to understand	Difficult to understand	Moderately understandable	Easy to understand	Very easy to understand
Nºnodes	$(\infty, 81.1]$	$(81.1, 58.1]$	$(58.1, 43.7]$	$(43.7, 29.4]$	$(29.4, 6.5]$
Diameter	$(\infty, 23.4]$	$(23.4, 16.5]$	$(16.5, 12.2]$	$(12.2, 7.92]$	$(7.92, 1.03]$
Density	$(0, 0.06]$	$(0.06, 0.20]$	$(0.20, 0.41]$	$(0.41, \infty)$	-
AGD	$(\infty, 5.70]$	$(5.70, 3.98]$	$(3.98, 2.90]$	$(2.90, 1.82]$	$(1.82, 0.10]$
MGD	$(\infty, 8.39]$	$(8.39, 5.3]$	$(5.3, 3.36]$	$(3.36, 1.42]$	$(1.42, 0]$
Depth	$(\infty, 5.09]$	$(5.09, 3.02]$	$(3.02, 1.72]$	$(1.72, 0.42]$	$(0.42, 0]$
GM	$(\infty, 40.9]$	$(40.9, 22.6]$	$(22.6, 11.2]$	$(11.2, 0]$	-
GH	$(\infty, 1.39]$	$(1.39, 0.71]$	$(0.71, 0.28]$	$(0.28, 0]$	-
Sequent.	$(0, 0.25]$	$(0.25, 0.48]$	$(0.48, 0.70]$	$(0.70, 1.07]$	$(1.07, \infty)$
Separability	$(0, 0.03]$	$(0.03, 0.37]$	$(0.37, 0.71]$	$(0.71, 1.24]$	$(1.24, \infty)$
CNC	$(\infty, 2.28]$	$(2.28, 1.43]$	$(1.43, 0.90]$	$(0.90, 0.37]$	$(0.37, 0]$
TS	$(\infty, 1.36]$	$(1.36, 0.60]$	$(0.60, 0.12]$	$(0.12, 0]$	-
CFC	$(\infty, 38.2]$	$(38.2, 21.1]$	$(21.1, 10.3]$	$(10.3, 0]$	-
NEDDEB	$(\infty, 6.02]$	$(6.02, 3.87]$	$(3.87, 2.52]$	$(2.52, 1.17]$	$(1.17, 0]$
NEDEB	$(\infty, 5.76]$	$(5.76, 2.62]$	$(2.62, 0.65]$	$(0.65, 0]$	-
NID	$(\infty, 4.63]$	$(4.63, 2.17]$	$(2.17, 0.62]$	$(0.62, 0]$	-
NCD	$(\infty, 4.56]$	$(4.56, 2.18]$	$(2.18, 0.69]$	$(0.69, 0]$	-
NPF	$(\infty, 3.36]$	$(3.36, 1.60]$	$(1.60, 0.49]$	$(0.49, 0]$	-
NSFG	$(\infty, 42.5]$	$(42.5, 23.2]$	$(23.2, 11.1]$	$(11.1, 0]$	-
TNG	$(\infty, 17.3]$	$(17.3, 9.71]$	$(9.71, 4.89]$	$(4.89, 0.08]$	$(0.08, 0]$
NP	$(\infty, 6.49]$	$(6.49, 4.14]$	$(4.14, 2.66]$	$(2.66, 1.19]$	$(1.19, 0]$
PDOPout	$(\infty, 1.39]$	$(1.39, 0.79]$	$(0.79, 0.41]$	$(0.41, 0.03]$	$(0.03, 0]$
TNE	$(\infty, 18.2]$	$(18.2, 11.5]$	$(11.5, 7.28]$	$(7.28, 3.04]$	$(3.04, 0]$
TNA	$(\infty, 46.5]$	$(46.5, 31.3]$	$(31.3, 21.8]$	$(21.8, 12.3]$	$(12.3, 0]$
TNSF	$(\infty, 74.8]$	$(74.8, 50.2]$	$(50.2, 34.8]$	$(34.8, 19.4]$	$(19.4, 0]$
CLP	$(\infty, 6.32]$	$(6.32, 3.79]$	$(3.79, 2.21]$	$(2.21, 0.62]$	$(0.62, 0]$
ND00out	$(\infty, 19.3]$	$(19.3, 9.60]$	$(9.60, 3.46]$	$(3.46, 0]$	-
ND0In	$(\infty, 26.1]$	$(26.1, 12.1]$	$(12.1, 3.38]$	$(3.38, 0]$	-
NSFE	$(\infty, 16.5]$	$(16.5, 8.74]$	$(8.74, 3.81]$	$(3.81, 0]$	-
NMF	$(\infty, 22.8]$	$(22.8, 13.2]$	$(13.2, 7.15]$	$(7.15, 1.09]$	$(1.09, 0]$

Figuur 12-1: Drempelwaardes uit Sánchez-González, García, Ruiz, & Piattini (2017)